

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-058296

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

H05H 1/46
 C23C 16/50
 H01L 21/205
 H01L 21/3065
 H01L 21/31

(21)Application number : 10-222562

(71)Applicant : FOI:KK
 KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 06.08.1998

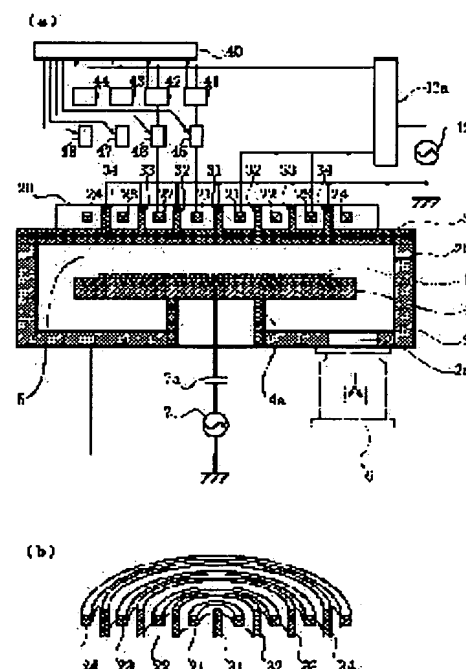
(72)Inventor : OKUMURA YUTAKA
 TOKUMURA TETSUO
 MUNEMASA ATSUSHI
 ISHIBASHI KIYOTAKA
 SEGAWA TOSHINORI
 NOZAWA TOSHIHISA

(54) PLASMA TREATMENT DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma treatment device having good uniformity.

SOLUTION: This plasma treatment device is equipped with a vacuum chamber 2+3 in which a plasma space 5 is formed, a plurality of induction coupling elements 21-24 installed at the vacuum chamber, and a power supply means 2 to impress a high frequency wave on these coupling elements, wherein the arrangement further includes power adjusting means 40-48 which are installed in or on the high frequency line and adjust the power distributed to the elements 21-24 and mutual interference reducing means 32-34 installed or formed between the elements 21-24. Through reduction of mutual interference of the elements and heightening of the independency, the controllability in each local place for the electromagnetic field distribution is enhanced and the plasma density distribution in the plasma space 5 is made uniform.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

23.06.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the plasma treatment equipment possessing an electric power supply means to impress a RF to the vacuum chamber in which plasma space was formed, two or more inductive-coupling components attached to this vacuum chamber, and the inductive-coupling component of these plurality Plasma treatment equipment characterized by having the power adjustment device which adjusts the power which is formed to the line of said RF and distributed to said two or more inductive-coupling components, and the mutual-intervention relief means established or formed among said two or more inductive-coupling components.

[Claim 2] Said mutual-intervention relief means is plasma treatment equipment according to claim 1 characterized by being the extension of said plasma space which extended among said two or more inductive-coupling components.

[Claim 3] Plasma treatment equipment indicated by claim 1 or claim 2 characterized by having a power distribution condition detection means to detect the distribution condition about the power supplied to said plasma space.

[Claim 4] Said power adjustment device is plasma treatment equipment according to claim 3 characterized by being what adjusts power based on detection of said power distribution condition detection means.

[Claim 5] Said power adjustment device is plasma treatment equipment indicated by any of claim 1 characterized by being what carries out adjustable [of the inductance of the line of said RF] thru/or claim 4 they are.

[Claim 6] Said power distribution condition detection means is the pick up coil wound around the line of said RF, the high-tension probe connected to the line of said RF, the spectroscope installed towards said plasma space, and plasma treatment equipment according to claim 3 characterized by including any or one or more among the thermocouples laid underground or attached to said vacuum chamber.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] It is related with suitable plasma treatment equipment for this invention to perform plasma treatment, such as etching, membrane formation, and ashing, in the production process of high degree of accuracy, such as IC and LCD.

[0002]

[Description of the Prior Art] The plasma treatment equipment which showed the vertical mimetic diagram of an important section to drawing 9 (a) is equipped with the vacuum chamber which consists of the vacuum chamber body section 2 and vacuum chamber covering device 3 and by which the plasma treatment space 5 (plasma space) was formed in the interior, the coil unit 10 attached to this vacuum chamber, and the RF power source 12 (electric power supply means) which impresses a RF to the coil 11 (inductive-coupling component) of this coil unit 10. Penetration opening 2a, penetration opening 2b, etc. are formed in the vacuum chamber body section 2, and the vacuum pump 6 which secures the vacuum pressure suitable for plasma maintenance, respectively, the gas unit which supplies the proper raw gas which plasma treatment takes and which is not illustrated are connected. Although the cathode section 4 which **** a processed material 1 is installed in the plasma treatment space 5 in a vacuum chamber, this cathode section 4 is connected to the RF power source 7 through blocking capacitor 7a while it is supported by support 4a implanted in the inner bottom of the vacuum chamber body section 2.

[0003] And a processed material 1 is carried in on the cathode section 4 through penetration opening with the gate which is not illustrated, if a RF is impressed to a coil 11 from the RF power source 12, the gas of the plasma treatment space 5 will be excited by the alternation electromagnetic field emitted from the coil 11, and the plasma will be generated and formed [then,] of it in the place where the plasma treatment space 5 reached predetermined gas pressure etc. In this way, the top face of a processed material 1 is put to the plasma, and plasma treatment to a processed material 1 is performed. An anisotropy will be given to plasma treatment if the RF power source 7 is also worked in that case.

[0004] In order to raise the homogeneity about such plasma treatment, while constituting the coil unit 10 from two or more coils 11, the plasma treatment equipment which connected the variable capacitor 13 to each of each coil as a current adjustment means is also known (refer to JP,8-50998,A). This also tends to obtain equalization of flux density distribution by adjusting the current which flows in each coil 11 while raising flux density by the parallel connection of two or more coils.

[0005] And as it is, the potential line 14, such as being generated to the plasma treatment space 5, when generating the plasma, and flux density distribution become uniform (refer to drawing 9 (b)). However, after the low-temperature plasma 15 occurs to the plasma treatment space 5, situations differ. It becomes difficult to often secure the homogeneity of the plasma treatment of the low-temperature plasma 15 which the plasma high concentration section 16 arose on - part in part (refer to drawing 9 (c)), consequently balanced the uniformity of equipotential-line 14 grade.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Of course, it is also possible to perform further adjustment about the current of each coil using a current adjustment means so that the local plasma

high concentration section may be controlled. However, with the conventional plasma treatment equipment mentioned above, by piling up mutually the electromagnetic field emitted from each coil with which installation locations differ, since the uniformity of the electromagnetic field in plasma treatment space is acquired, the electromagnetic field from each coil interfere and suit mutually in plasma treatment space inevitably.

[0007] On the other hand, there is a special feature that it becomes still deeper [the plasma high concentration section] since the degree of an electromagnetic coupling is high, and plasma density distribution becomes in spots as the high concentration section with much ion to the plasma. For this reason, only by adjusting the current of a coil close to the plasma high concentration section, the electromagnetic field from other coils, such as a contiguity coil, remain, that energy is absorbed, and the plasma high concentration section is maintained. But in having adjusted the current about two or more coils in which it may interfere, surely, although the plasma can be made hard to generate in these coil neighborhood, since it becomes easy to generate the plasma conversely around it, it means that the plasma high concentration section moved as a result, and homogeneity does not improve at all.

[0008] Then, it faces supplying energy to the plasma using two or more inductive-coupling components, and it becomes a technical technical problem in pursuing the uniformity of electromagnetic field how the uniformity coefficient of advanced plasma density distribution difficult to get is secured. This invention is made in order to solve such a technical problem, and it aims at realizing homogeneous good plasma treatment equipment.

[0009]

[Means for Solving the Problem] About the 1st thru/or 6th solution means invented in order to solve such a technical problem, the configuration and the operation effectiveness are explained below.

[0010] [the 1st solution means] -- the plasma treatment equipment of the 1st solution means -- (-- the time of application -- being according to claim 1 -- it needs --) -- with the vacuum chamber in which plasma space was formed In the plasma treatment equipment possessing an electric power supply means to impress a RF to two or more inductive-coupling components attached to this vacuum chamber, and the inductive-coupling component of these plurality It has the power adjustment device which adjusts the power which is formed by insertion, addition, etc. to the line of said RF, and is distributed to said two or more inductive-coupling components, and the mutual-intervention relief means established or formed among said two or more inductive-coupling components.

[0011] When the power of an inductive-coupling component close to the plasma high concentration section is adjusted since the mutual intervention of inductive-coupling components is prevented and mitigated by inclusion of a mutual-intervention relief means if it is in the plasma treatment equipment of such 1st solution means, since there is no effect from other inductive-coupling components, such as a contiguity component, or since it is few, the energy amount of supply to the plasma high concentration section is extracted promptly. The energy supply from other inductive-coupling components is continued without on the other hand almost being influenced by the local power adjustment to the plasma with low concentration, such as the surroundings of the high concentration section.

[0012] Thus, since its controllability for every part to electromagnetic-field distribution improves even if some uniformity of electromagnetic-field distribution is lost, and generating of the local plasma high concentration section can be exactly controlled by having mitigated the mutual intervention of two or more inductive-coupling components, and having raised the independence, the plasma will be distributed over plasma space by the uniform consistency. Therefore, according to this invention, homogeneous good plasma treatment equipment is realizable.

[0013] [the 2nd solution means] -- the plasma treatment equipment of the 2nd solution means -- (-- the time of application -- being according to claim 2 -- it needs --) -- it is plasma treatment equipment of the 1st above-mentioned solution means, and said mutual-intervention relief means is characterized by being the extension of said plasma space which extended among said two or more inductive-coupling components.

[0014] If it is in the plasma treatment equipment of such 2nd solution means, the energy of the electromagnetic field which had propagation interrupted is absorbed by the plasma in the extension of the plasma space by the extension of a mutual-intervention relief means, i.e., plasma space. By

this, all will be mostly supplied to the plasma, without wasting the power impressed to the inductive-coupling component with a mutual-intervention relief means. Therefore, according to this invention, in addition to homogeneity, plasma treatment equipment also with sufficient energy efficiency is realizable.

[0015] [the 3rd solution means] -- the plasma treatment equipment of the 3rd solution means -- (-- the time of application -- being according to claim 3 -- it needs --) -- it is plasma treatment equipment of the above 1st and the 2nd solution means, and is characterized by having a power distribution condition detection means to detect the distribution condition about the power supplied to said plasma space.

[0016] [the 4th solution means] -- the plasma treatment equipment of the 4th solution means -- (-- the time of application -- being according to claim 4 -- it needs --) -- it is plasma treatment equipment of the 3rd above-mentioned solution means, and said power adjustment device adjusts power based on detection of said power distribution condition detection means.

[0017] If it is in the plasma treatment equipment of the such 3rd and 4th solution means, and the local high concentration section arises to plasma space, degree of coupling with an inductive-coupling component close to there and there will increase, the power to the inductive-coupling component will increase, but while change of the power distribution condition is detected by the power distribution condition detection means, based on the detection, the distribution power to two or more inductive-coupling components is adjusted by the power adjustment device.

[0018] Thereby, the power to each inductive-coupling component is adjusted by fluctuation of a local plasma consistency in each place so that fluctuation of pair *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* (Thunb.) Decne. may be offset and eased, and suitable feedback control starts it automatically. Then, even when it originates in a class, fluctuation with gas pressure sudden to a flow rate pan etc. or an intentional change of raw gas, etc. and the condition of the plasma changes, the uniformity of the plasma will be secured certainly. Therefore, according to this invention, homogeneous good plasma treatment equipment is realizable.

[0019] [the 5th solution means] -- the plasma treatment equipment of the 5th solution means -- (-- the time of application -- being according to claim 5 -- it needs --) -- above-mentioned the 1- it is plasma treatment equipment of the 4th solution means, and said power adjustment device carries out adjustable [of the inductance of the line of said RF].

[0020] If it is in the plasma treatment equipment of such 5th solution means and adjustable [of the inductance] is carried out, about a current and applied voltage which flow for the inductive-coupling component connected to the line will also change. Thereby, adjustment of power is performed.

[0021] [the 6th solution means] -- the plasma treatment equipment of the 6th solution means -- (-- the time of application -- being according to claim 6 -- it needs --) -- It is plasma treatment equipment of the 3rd above-mentioned solution means. Said power distribution condition detection means Any or one or more is included among the pick up coil wound around the line of said RF, the high-tension probe connected to the line of said RF, the spectroscope installed towards said plasma space, and the thermocouple laid underground or attached to said vacuum chamber.

[0022] If it is in the plasma treatment equipment of such 6th solution means and the local high concentration section arises to plasma space, change of the plasma state will be detected by the spectroscope based on change of plasma luminescence accompanying it. Moreover, based on change of the plasma temperature distribution accompanying it, change of the plasma state is directly detected, even if it uses a thermocouple. Furthermore, since change of the power distribution condition to each inductive-coupling component is induced by change of the degree of coupling of the plasma high concentration section and the inductive-coupling component accompanying it, change of the plasma state is indirectly detectable based on this also measuring the current of the high frequency line to each inductive-coupling component using the pick up coil, and by measuring the electrical potential difference of the high frequency line to each inductive-coupling component using a high-tension probe.

[0023]

[Embodiment of the Invention] About the plasma treatment equipment of this invention attained with such a solution means, the following 1st and 2nd example and 1st and 2nd modification explain the gestalt for carrying this out. The 2nd example which the 1st example shown in drawing 1 and

drawing 2 embodied the above-mentioned 1st, 3rd, and 4th solution means, and was shown in drawing 3 and drawing 4. The 1st modification which embodied the above-mentioned 2nd, 3rd, and 4th solution means, and was shown in drawing 5 embodies the above-mentioned 5th solution means, and the 2nd modification shown in drawing 6 embodies the above-mentioned 6th solution means.

[0024]

[The 1st example] About the 1st example of the plasma treatment equipment of this invention, the concrete configuration is quoted and a drawing is explained. Drawing 1 (a) is the vertical mimetic diagram of the body, and supports conventional drawing 9 (a). Moreover, drawing 1 (b) makes slanting the inductive-coupling component and mutual-intervention relief member of them, and is a **** Fig.

[0025] This plasma treatment equipment possesses (the drawing 1 (a) reference), the vacuum chamber body section 2 in which the plasma space 5 was formed as usual and the vacuum chamber covering device 3 (vacuum chamber), the coils 21-24 (two or more inductive-coupling components) attached to this vacuum chamber, and the RF power source 12 and matching box 12a (electric power supply means) which impresses high frequency to the inductive-coupling component of these plurality. Moreover, the cathode section 4 installed in the plasma treatment space 5, the RF power source 7 connected to the cathode section 4, the vacuum pump 6 connected to penetration opening 2a of the vacuum chamber body section 2, etc. are formed as usual.

[0026] On the other hand, it is different from (the drawing 1 (a) reference) and the former in that replace with a variable capacitor 13 to the line of the high frequency from the RF power source 12 to coils 21-24 as the point that the metal rings 31-34 (mutual-intervention relief means) are formed among coils 21-24, and the power distribution control circuits 40-48 (power adjustment device) are introduced (refer to drawing 1 (a) and (b)). Moreover, coils 21-24 are different from the former at the point which has the configuration which arranges in order and can be installed in order to enable insertion of metal ring 31 grade, and size relation with the point of being divided and prepared in plurality although it is the same as usual.

[0027] When processing the processed material 1 of square shapes, such as a liquid crystal substrate, the body is mostly formed in the shape of a rectangle, but this plasma treatment equipment explains mostly a round-head configuration and the case where it is formed cylindrical and annularly, in order to process the round processed materials 1, such as a silicon wafer for IC, here (refer to drawing 1 (b)). Processing formation of the vacuum chamber body section 2 is carried out from metals, such as aluminum, so that touch-down of the surroundings of the plasma treatment space 5 may be possible, but the vacuum chamber covering device 3 is made from insulating members, such as a ceramic with a high dielectric constant, in order to spread efficiently the alternation electromagnetic field sent out from the coils 21-24 of a chamber outside to the plasma treatment space 5 of the chamber inside.

[0028] In order that the cathode section 4 may also give the function of an electrode, good conductors, such as a metal, are processed and it is formed, but insulating processing is also performed while a top face is finished evenly, in order to **** the processed materials 1, such as a wafer. A rotary pump, a mechanical booster, etc. are used based on the degree of vacuum which needs a vacuum pump 6. In addition, as raw gas supplied to the plasma treatment space 5 through penetration opening 2a of the vacuum chamber body section 2, the thing which made reactant gas, such as CF system gas and silane gas, mix the dilution gas of optimum dose is supplied.

[0029] The output power is an adjustable thing and a thing with a frequency of 400kHz - 20MHz is well used so that the RF power source 7 can adjust the bias voltage used as the source of the anisotropy of plasma treatment. Output power is an adjustable thing too and the RF power source 12 of the maximum output power is large because of excitation of the plasma, and maintenance. Moreover, the frequency is set to 5MHz - 510MHz in many cases. In addition, this was also illustrated in order that it might clarify the line of the RF from the RF power source 12 to coils 21-24, although matching box 12a is prepared along with the RF power source 12 for reduction of useless reflective power etc.

[0030] Coils 21-24 are circle-like coils of the different diameter which a path increases to the order, and are put in order and installed in concentric circular from an inner circumference side within the coil unit 20 to a periphery side. The vacuum chamber covering device 3 is equipped with the coil unit 20 from a chamber outside like the coil unit 10. The metal rings 31-34 consist of good

conductors, such as aluminum, so that touch-down may be possible also for (the drawing 1 (b) reference) and any, and a path is formed in a tube-like object and an annular solid with size ***** in general equal [height]. It is made smaller than a coil 21, the path of the metal ring 32 is made into the medium of coils 21 and 22, the path of the metal ring 33 is made into the medium of coils 22 and 23, the path of the metal ring 34 is made into the medium of coils 23 and 24, and the metal ring 31 is inserted in between coils 21-24 by turns on the occasion of wearing to the coil unit 20, respectively.

[0031] In case (the drawing 1 (a) reference) and the power distributed to each coils 21-24 are adjusted, in order to succeed in suitable adjustment by feedback control, the power distribution control circuits 40-48 The current detecting elements 41-44 (power distribution condition detection means) which detect the distribution condition about the power supplied to the plasma space 5, The feedback control section 40 (the amount operation means of power distributions) which computes the amount of power distributions suitable for controlling partial fluctuation of a plasma consistency based on the detection value, While having the wire-length variant parts 45-48 which carry out adjustable [of the power to each coils 21-24] according to the calculation value and detecting the distribution condition of the supply voltage to plasma space, power is adjusted based on the detection.

[0032] Although explained in full detail in the column of the 2nd next modification, the current detecting elements 41-44 are formed to each line from the RF power source 12 to coils 21-24 through matching box 12a, and all detect the current of an applicable line and they notify them to the feedback control section 40. Although the wire-length variant parts 45-48 are explained in full detail in the column of the 1st next modification, it is prepared to the installation line of the current detecting elements 41-44, respectively, and carries out adjustable [of the current and electrical potential difference of an applicable line] because all change the inductance of an applicable line. In addition, since a wire-length variant part is for changing the rate of a power partition ratio to each line of a RF, the wire-length variant part 48 to the line of the current detecting element 44 is omissible.

[0033] Since the feedback control section 40 consists of an arithmetic circuit and control circuits, such as a microprocessor, and suitable control of many input system is borne Proper system control functions, such as a regulator, an observer, etc. based on winner HOFUFIRUTA, a Kalman filter, etc., are provided, or two or more PID-control means of a single input etc. are possessed. By this Continuously, while inputting the current detection value from the current detecting elements 41-44 Based on that detection value, the power distribution condition in that event is presumed, the gap from the suitable amount of target power distributions to each coils 21-24 etc. is computed, and actuation control of the wire-length variant parts 45-48 is performed according to this calculation value. In addition, the amount of target power distributions is good to set common initial value that the space consistency of the power sent out in the plasma treatment space 5 is equalized from each coils 21-24, and to tune finely by surveying for each equipment of every.

[0034] About the plasma treatment equipment of this 1st example, that activity mode and actuation are quoted and a drawing is explained. (a) and (c) show the distribution condition of electromagnetic field, and (b) and (d) show the distribution condition of the plasma. [drawing 2] [the operating state] [a ** type]

[0035] In order to perform plasma treatment to a processed material 1, the gate which is not illustrated probably is opened, a processed material 1 is carried in in a vacuum chamber (2+3) from there, and it carries on the cathode section 4. And if the gas supply through penetration opening 2b etc. is suitably started while closing the gate etc. and operating a vacuum pump 6, ambient atmospheres, such as gas pressure in the plasma treatment space 5, will be in the possible condition of plasma generating soon. In addition, the amount of target power distributions of the power distribution control circuits 40-48 is hereafter explained as with initial value.

[0036] Next, if the RF power source 12 is operated, a RF will be impressed to coils 21-24 through matching box 12a, and alternation electromagnetic field will be emitted from those coils 21-24. Moreover, although this electromagnetic field spread around each coils 21-24 and it is especially spread efficiently in the plasma treatment space 5 through the vacuum chamber covering device 3 of a high dielectric in this phase Since it cannot spread any more in the direction if it results in the

grounded metal rings 31-34 in that case, the electromagnetic field from each coils 21-24 are restricted in general to the applicable range across which it faced in the metal rings 31-34, and its extended range, respectively, and advance to the plasma treatment space 5. In this way, although it can say that potential line 14 grade, such as being generated to the plasma treatment space 5, is also uniform in general if it levels on the whole, it becomes the thing with which two or more pellets classified in the metal rings 31-34 were connected and which carried out **** unevenness (refer to drawing 2 (a)).

[0037] And if gas is excited in the plasma treatment space 5 and the low-temperature plasma 15 is formed, the plasma will act on the front face of a processed material 1, and it will succeed in plasma treatment. If the RF power source 7 is also operated in that case, the ion in the low-temperature plasma 15 etc. will be accelerated towards the cathode section 4, and an anisotropy will join processing of a processed material 1. In addition, although it generates in one to one to each coils 21-24 and the plasma high concentration section 16 serves as an ununiformity locally, since the diffusing capacity is strong, the plasma 15 serves as equalized in general uniform distribution on a substrate. On the other hand, the relative magnitude of the plasma high concentration section 16 made from each coils 21-24 always changes with change of the plasma property resulting from the quantity of gas flow under plasma treatment, change of a pressure or change of the processing conditions by recipe modification, change of the deposit which adhered to the chamber wall further, etc. This change worsens the plasma homogeneity on a substrate. Therefore, generating of unusual plasma plasma high concentration section 16a is not avoided according to the condition of the plasma (refer to drawing 2 (b)).

[0038] A manifestation of unusual plasma high concentration section 16a increases the amount of power distributions of the close coil, for example, coil 21 grade. If it does so, that will be detected by the current detecting elements 41-44 and the feedback control section 40, and the wire-length variant parts 45-48 will be further controlled by the feedback control section 40 to negate the power fluctuation. And the potential line 14, such as extending to plasma high concentration section 16a, is become weaker and shortened, and other equipotential lines 14 become strong and ***** relatively (refer to drawing 2 (c)). Power distribution in each coils 21-24 are adjusted such. In this way, since it is extinguished promptly or the manifestation itself is controlled even if it discovers unusual plasma high concentration section 16a, the low-temperature plasma 15 of the plasma treatment space 5 is maintained at an always almost uniform distribution condition (refer to drawing 2 (d)).

[0039]

[The 2nd example] About the 2nd example of the plasma treatment equipment of this invention, the concrete configuration is quoted and a drawing is explained. Drawing 3 (a) is the verticval mimetic diagram of the body, and supports conventional drawing 9 (a) and drawing 1 (a) of the 1st example. Moreover, before long, drawing 3 (b) makes the surroundings of an inductive-coupling component slanting, and is a **** Fig.

[0040] It is a point used as that by which the plasma generating space 52-54 was respectively formed in the place where the vacuum chamber covering device 3 which was a simple plate-like member was permuted in the plasma generating chamber section 50 and the anode section 51 at , and the metal rings 32-34 had it that this plasma treatment equipment is different from the thing of the 1st above-mentioned example (refer to drawing 3) . Moreover, in connection with this, penetration opening 2b is abolished, instead the gas for plasma is divided into the gas for plasma generating, and raw gas, and, as for raw gas, the point which came to feed the gas for plasma generating into the vacuum chamber through the plasma generating chamber section 50 is also different through the anode section 51.

[0041] The anode section 51 consists of a metal plate in which touch-down is possible, and while the free passage openings 52a and 53a of a large number which make the plasma generating space 52-54 and the plasma treatment space 5 open for free passage etc. penetrate and are punched, much raw gas feed hopper 51a which carried out opening towards the plasma treatment space 5 is also formed (refer to drawing 3 (b)). As raw gas, the thing which made reactant gas, such as CF system gas and silane gas, mix the dilution gas of optimum dose is supplied.

[0042] Although the plasma generating chamber 50 is made from insulating materials, such as a ceramic, the circular sulcus of plurality (drawing 3 three pieces) used as the plasma generating space

52, 53, and 54 engraves this alignment with it, and it is been [the chamber / it] crowded and formed in this. And the plasma generating chamber 50 is fixed where the opening side (drawing of longitudinal section underside) of the plasma generating space 52-54 is stuck to the top face of the anode section 51. In that case, alignment is made so that opening of the plasma generating space 52-54 may lap with the free passage openings 52a and 53a of the anode section 51 etc. The plasma generating space 52-54 and the plasma treatment space 5 become what adjoined mutually and was open for free passage by this, and the plasma generating space 52-54 becomes what was prolonged in the line along the contact surface with the plasma treatment space 5 further.

[0043] Moreover, the gas feeding ways 52b and 53b for plasma are too formed in annular and a line of the gas distribution member by which the plasma generating chamber 50 was attached in the back (drawing of longitudinal section upper part) at the pan of the plasma generating space 52-54. Both are opened for free passage by many pinholes, and the plasma generating space 52-54 generates the high density plasma 17 in response to supply of the gas for plasma generating from a pars basilaris ossis occipitalis (drawing of longitudinal section upper part), and is sending it into the plasma treatment space 5 through the free passage openings 52a and 53a etc. What does not react chemically with inactive [of an argon etc.] is used for the gas for plasma generating.

[0044] Furthermore, as the plasma generating chamber 50 leaves the side attachment wall and pars basilaris ossis occipitalis surrounding the plasma generating space 52-54, the field (drawing of longitudinal section top face) of the flesh side by the side of the plasma generating space 52 - 54 openings is shaved off. And coils 21-24 are stuffed there (refer to drawing 3 (b)). Thereby, the plasma generating space 52-54 serves as an extension of the plasma space 5 which extended among coils 21-24 (two or more inductive-coupling components).

[0045] In addition, a permanent magnet 55 is also stuffed into the upper and lower sides of coils 21-24 in that case. Although these permanent magnets 55 are stuffed between these cardiac annular plasma generating space 52-54 and become too annular, in order to sever an annular induction current [**** / un-], they are divided and formed in the wafer. And the annular magnetic circuit corresponding to the plasma generating space 52-54 consists of that many permanent magnet pieces 55 are installed successively in accordance with 52 to plasma generating space 54 side attachment wall. While the electron excited in the plasma generating space 52-54 stops into it, a collision is repeated, and the high density plasma 17 is generated in the plasma generating space 52-54 by existence of this magnetic circuit.

[0046] About the plasma treatment equipment of this 2nd example, that activity mode and actuation are quoted and a drawing is explained. (a) shows the distribution condition of electromagnetic field, and (c) indicates the plasma and the distribution condition of electromagnetic field to be (b).

[drawing 4] [the operating state] [a ** type]

[0047] Although alternation electromagnetic field will be emitted from the coils 21-24 with which the RF was impressed in the place where the ambient atmosphere in the plasma treatment space 5 changed into the possible condition of plasma generating if the RF power source 12 is operated In this case, the electromagnetic field spread around each coils 21-24 have progress of the lengthwise direction turned to the plasma treatment space 5 by the grounded anode section 51 prevented, instead are efficiently spread in a longitudinal direction towards the plasma generating space 52-54. and potential line 14 grade, such as it being alike and being generated at the place of the plasma generating chamber section 50 until excitation formation of the plasma is carried out, -- mutual -- overlapping -- about -- it is distributed over Mr. one and reaches also in the plasma generating space 52-54 (refer to drawing 4 (a)).

[0048] If alternation electromagnetic field reach the plasma generating space 52-54, the gas for plasma generating in it will be excited, and the high density plasma 17 will occur (refer to drawing 4 (b)). This high density plasma 17 has the high ratio of an ion kind component, and flows out of the plasma generating space 52-54 into the plasma treatment space 5 through the free passage openings 52a and 53a etc. according to the expansion pressure force etc. And it is mixed with the raw gas in the plasma treatment space 5 etc., and becomes the low-temperature plasma 15.

[0049] And if the high density plasma 17 is formed in the plasma generating space 52-54, since the electromagnetic field from coils 21-24 will be absorbed or reflected by the high density plasma 17 and it cannot spread any more in the direction if the plasma generating space 52-54 is reached, it is

restricted to the applicable range divided in the plasma generating space 52-54, respectively, and dissociates mutually. In this way, although it can say that potential line 14 grade, such as being generated to the plasma treatment space 5, is also still uniform in general if it levels on the whole, it becomes the thing with which two or more pellets classified in the plasma generating space 52-54 ranked and which carried out **** unevenness (refer to drawing 4 (b)).

[0050] And the plasma 15 in the plasma treatment space 5 acts on the front face of a processed material 1, and it succeeds in the plasma treatment according to a type of gas or the plasma state. If the RF power source 7 is also operated in that case, the ion in the low-temperature plasma 15 etc. will be accelerated towards the cathode section 4, and an anisotropy will join processing of a processed material 1. In addition, since the plasma 15 has the strong diffusing capacity, in the plasma treatment space 5 where the equipotential line 14 does not reach, it is mixed and equalized promptly and becomes in general uniform [the density distribution]. But as mentioned above, it is not avoided that are easy to produce a concentration difference to the high density plasma 17 generated in each generating space 52-54 according to the plasma property of changing every moment, during plasma treatment, the effect remains, and the local plasma high concentration section 16 occurs to the plasma treatment space 5 (refer to drawing 4 (b)).

[0051] If a concentration difference arises to the high density plasma 17 of each plasma generating space 52-54 so greatly that the plasma high concentration section 16 is discovered, the amount of power distributions of the close coil, for example, coil 22 grade, will increase. If it does so, that will be detected by the current detecting elements 41-44 and the feedback control section 40, and the wire-length variant parts 45-48 will be further controlled by the feedback control section 40 to negate the power fluctuation. And the potential line 14, such as extending to plasma generating space 52 grade close to the plasma high concentration section 16, is become weaker and shortened, and distribution supply of the power is carried out to each coils 21-24 so that other equipotential lines 14 may become strong and ***** relatively (refer to drawing 4 (c)). In this way, since it is extinguished promptly or the manifestation itself is controlled even if it discovers the plasma high concentration section 16, the low-temperature plasma 15 of the plasma treatment space 5 is maintained at an always almost uniform distribution condition (refer to drawing 4 (c)).

[0052]

[The 1st modification] Some more concrete examples of a configuration are described about the power adjustable means of the power adjustment device in the plasma treatment equipment of this invention. <A HREF="/Tokujitu/tjitemdrw.ipdl?N0000=239&N0500=1

E_N/;>=:7=69///&N0001=129&N0552=9&N 0553= 000007" TARGET="tjitemdrw"> drawing 5 Spring section 45a inserted in the line of the high frequency from matching box 12a to [the wire-length variant part 45 shown in (a) carries out adjustable / of the power distributed to a coil 22 /, and] a coil 22, Adjustable [of the inductance of spring section 45a] is carried out because have actuator 45z to which the movable arm of the couple connected with the ends of spring section 45a is moved and actuator 45z changes the distance between movable arms according to control of the feedback control section 40.

[0053] In order that the wire-length variant part 45 shown in drawing 5 (b) may carry out adjustable [of the power too distributed to a coil 22] Rod 45b of the good conductor on which it is inserted in the line of the RF from matching box 12a to a coil 22, an end is connected to one side of the line, and an other end side slides with another side of the line, It has actuator 45y which makes rod 45b move, and adjustable [of the inductance in the line of a RF] is carried out by actuator 45y changing the location of rod 45b according to control of the feedback control section 40, and changing the effective length of rod 45b.

[0054] Wiring bobbin 45w inserted in the line of high frequency with the wire-length variant part 45 from matching box 12a to [in the line] a coil 22 shown in drawing 5 (c), It has actuator 45x which rotate wiring bobbin 45w while securing the contact pressure of wiring bobbin 45w and a high frequency line. Adjustable [of the inductance in the line of a RF] is carried out by changing the die length of line partial 45c which actuator 45x changed the amount of winding of wiring bobbin 45w according to control of the feedback control section 40, and it let out.

[0055] 45d of spiral spring-like wiring sections inserted in the line of a RF with the wire-length variant part 45 from matching box 12a to [in the line] a coil 22 shown in drawing 5 (d), It has

pivotable actuator 45v. both directions by which the revolving shaft was connected with the main edge of 45d of spiral spring-like wiring sections -- Adjustable [of the inductance of the line of a RF] is carried out by changing the volume condition whose actuator 45v is 45d of spiral spring-like wiring sections according to control of the feedback control section 40.

[0056] The wire-length variant part 45 shown in drawing 5 (e) makes magnet 45u, such as an electromagnet which extends line of magnetic flux, or a permanent magnet, reciprocate according to control of the feedback control section 40 even to line 45c of a RF from matching box 12a to a coil 22, and adjustable [of the inductance of the line 45c part in the line of a RF] is carried out by changing the magnetic field strength of the circumference of line 45c by this.

[0057] 45f of two or more branch lines with which the wire-length variant part 45 shown in drawing 5 (f) is inserted in the line of the RF from matching box 12a to a coil 22, and die length differs, It has switch 45t changed so that any one of 45f of the branch lines may be connected to a high frequency line. Adjustable [of the inductance of the line of a RF] is carried out by changing a switch 45t connection place according to control of the feedback control section 40, and changing the wire length of the place of 45f of branch lines.

[0058] The wire-length variant part 45 shown in drawing 5 (g) While having bridge 45s of the good conductor which is inserted in 45g of cutting parts of the RF line from matching box 12a to a coil 22, and slides with while an end side is 45g of the line cutting part, another side whose other end side it slides and is 45g of the line cutting part 45g of cutting parts of a RF line is mostly maintained at parallel, and adjustable [of the effective length and the inductance in a line of a RF] is carried out by carrying out both-way migration of the bridge 45s along with 45g of cutting parts according to control of the feedback control section 40 in the condition.

[0059]

[The 2nd modification] The more concrete example of a configuration is described about the current detection means of the power adjustment device in the plasma treatment equipment of this invention. The current detecting element 42 shown in drawing 6 is the part prepared to the RF line to a coil 22 among power distribution condition detection means to detect the distribution condition about the power supplied to plasma space (5, 52-54).

[0060] This current detecting element 42 cuts the line of a RF which it is formed in band-like by copper foil etc., and connects matching box 12a and the wire-length variant part 45, is making insertion connection of the core-wire 42a which consists of copper wire etc. there, and is inserted in the line of a RF. The core-wire 42a is covered by pre-insulation 42b, and it is equipped with it so that pick-up-coil 42c which rounded off the coil still more nearly annularly may surround core-wire 42a and pre-insulation 42b on the occasion of the insertion. The ends of pick-up-coil 42c are connected to a big high-tension probe 42d [of input resistance] input, and the high-tension probe 42d output is sent to proper oscilloscope 42e for monitors, or the feedback control section 40.

[0061] The current distributed to the RF line from the RF power source 12 to a coil 22 by this is detected. The same is said of other RF lines. Moreover, although the graphic display was omitted, it is connecting the same probe as high-tension probe 42d to core-wire 42a or the RF line before and behind that, and the voltage waveform of the RF distributed to the applicable line is detected. And both phase contrast becomes clear from a current wave form and a voltage waveform. Thereby, the power distributed to each coils 21-24 is detectable to accuracy.

[0062]

[Effect of Example(s)] Drawing 7 is a graph which shows the measurement result about the equipment for the processed material 1 with a diameter of 300mm, in order to compare the distribution condition of the ion current, it takes the distance from the central point on an axis of abscissa, and the value of standard of the ion current is taken and shown on an axis of ordinate. The ion current inserted and measured the probe in the plasma treatment space 5, and it standardized it so that maximum might be set to "1." The output power of the RF power source 12 at the time of measurement was 2250W, the flow rate of the argon used for the gas for plasma generating was 400sccm(s), and gas pressure was 30mTorr(s). In addition, 1Torr is about 133 pascals and 1sccm is about 1.67×10^{-8} cubic meters per second (gas: reference condition). Compared with the case (refer to broken-line graph) where entropy of electromagnetic-field distribution is attained, the uniformity coefficient in the distribution condition of the ion current is improving by having adjusted power

distribution you to be Haruka (refer to continuous-line graph).

[0063] Moreover, drawing 8 is the distribution map of an etching rate, and it is measured in order to check the effect change of gas pressure affects the homogeneity of an etching rate. The distance from the central point is taken on an axis of abscissa, and the etching rate in each part of a processed material 1 is shown on an axis of ordinate. The unit of an axis of abscissa is mm and the unit of an axis of ordinate is a part for angstrom/. The output power of the RF power source 12 at the time of measurement was 2250W, the flow rate of the argon used for the gas for plasma generating was 400sccm(s), and the flow rate of the carbon fluoride used for raw gas was 20sccm(s). Etching rate distribution (graph C) in case etching rate distribution (graph B) in case etching rate distribution (graph A) in case gas pressure is 30mTorr(s), and gas pressure are 50mTorr(s), and gas pressure are 80mTorr(s), and all show the good uniformity coefficient.

[0064]

[Effect of the Invention] Since the controllability for every part to electromagnetic-field distribution improves and the plasma density distribution of plasma space becomes uniform by having mitigated the mutual intervention of two or more inductive-coupling components, and having raised the independence if it is in the plasma treatment equipment of the 1st solution means of this invention so that clearly from the above explanation, there is advantageous effectiveness that homogeneous good plasma treatment equipment was realizable.

[0065] Moreover, if it is in the plasma treatment equipment of the 2nd solution means of this invention, the advantageous effectiveness that plasma treatment equipment also with sufficient energy efficiency was realizable in addition to homogeneity is done so by having made it the plasma supplied, without wasting the power impressed to the inductive-coupling component with a mutual-intervention relief means.

[0066] Furthermore, if it is in the plasma treatment equipment of the 3rd solution means of this invention, and the 4th solution means, there is advantageous effectiveness that homogeneous good plasma treatment equipment was always realizable, by feedback control's starting the power to each inductive-coupling component, and having offset and eased fluctuation of a local plasma consistency.

[0067] Moreover, if it is in the plasma treatment equipment of the 5th solution means of this invention, even if it does not use a variable capacitor, the power to each inductive-coupling component can be adjusted.

[0068] Moreover, if it is in the plasma treatment equipment of the 6th solution means of this invention, fluctuation of the plasma state is indirectly [directly or] detectable.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] About the 1st example of the plasma treatment equipment of this invention, it is the mimetic diagram of the longitudinal section of the body.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the operating state.

[Drawing 3] About the 2nd example of the plasma treatment equipment of this invention, it is the mimetic diagram of the longitudinal section of the body.

[Drawing 4] It is the explanatory view of the operating state.

[Drawing 5] It is the concrete modification of a power adjustable means.

[Drawing 6] It is the example of a current detection means.

[Drawing 7] It is the distribution map of the ion current.

[Drawing 8] It is the distribution map of an etching rate.

[Drawing 9] It is the vertical mimetic diagram and operating state explanatory view of equipment conventionally.

[Description of Notations]

- 1 Processed Material (Plasma Treatment Object)
- 2 Vacuum Chamber Body Section (Vacuum Chamber)
- 2a Penetration opening (raw gas feed hopper)
- 2b Penetration opening (exhaust air attraction opening)
- 3 Vacuum Chamber Covering Device (Vacuum Chamber)
- 4 Cathode Section (Installation Base, Processed Material *****, Processed Material Support Electrode)
- 4a Support
- 5 Plasma Treatment Space (Plasma Space)
- 6 Vacuum Pump
- 7 RF Power Source (RF Generator)
- 7a Blocking capacitor
- 10 Coil Unit (Antenna Unit)
- 11 Coil (Antenna)
- 12 RF Power Source (RF Generator, Electric Power Supply Means)
- 12a Matching box (electric power supply means)
- 13 Variable Capacitor (Current Adjustment Means)
- 14 Equipotential Line
- 15 Low-temperature Plasma
- 16 Plasma High Concentration Section
- 17 High Density Plasma
- 20 Coil Unit (Antenna Unit)
- 21, 22, 23, 24 Coil (an antenna, inductive-coupling component)
- 31, 32, 33, 34 Metal ring (touch-down a conductor, a mutual-intervention relief means)
- 40 Feedback Control Section (the Amount Operation Means of Distributions, Power Adjustment Device)
- 41, 42, 43, 44 Current detecting element (power distribution condition detection, power adjustment device)

45, 46, 47, 48 Wire-length variant part (a power adjustable means, power adjustment device)
50 Plasma Generating Chamber Section (Vacuum Chamber)
51 Anode Section (Counterelectrode)
51a Raw gas feed hopper
52, 53, 54 Plasma generating space (a plasma space escape, mutual-intervention relief)
52a, 53a Free passage opening (free passage way)
52b, 53b Gas feeding way for plasma
55 Permanent Magnet (Magnetic Member of Magnetic Circuit for Plasma Confinement)

[Translation done.]

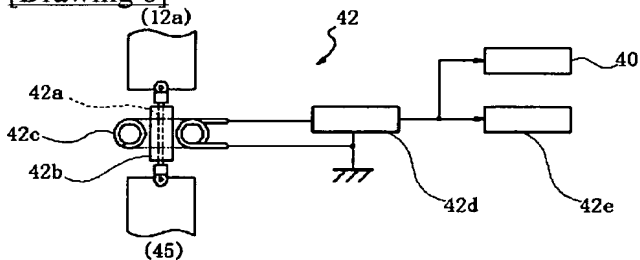
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

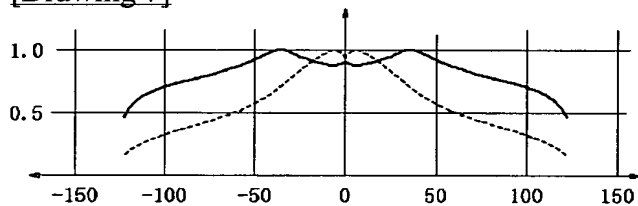
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

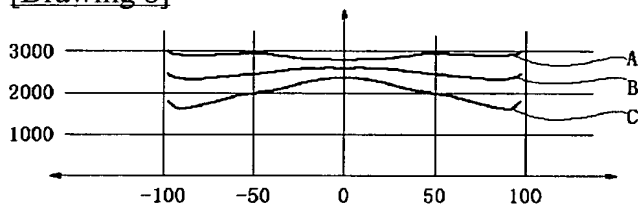
[Drawing 6]



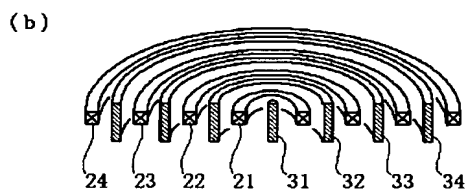
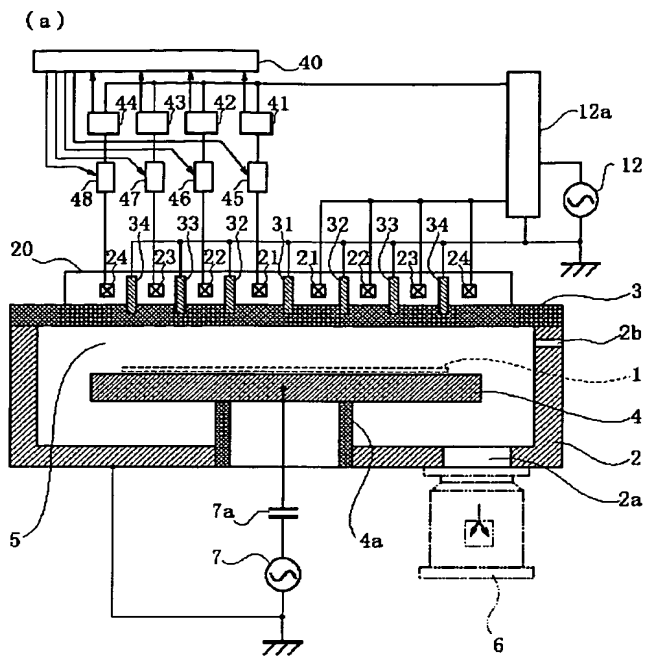
[Drawing 7]



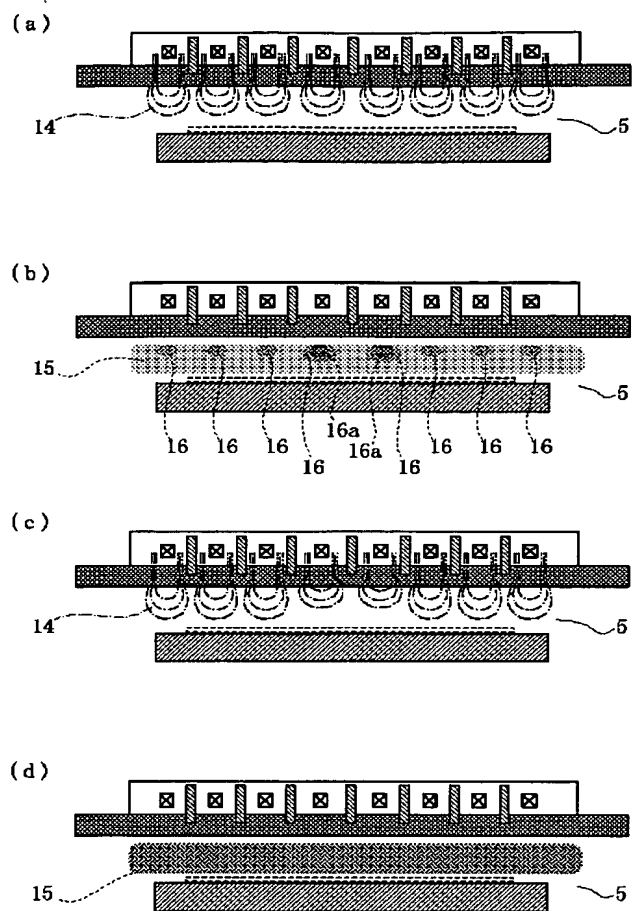
[Drawing 8]



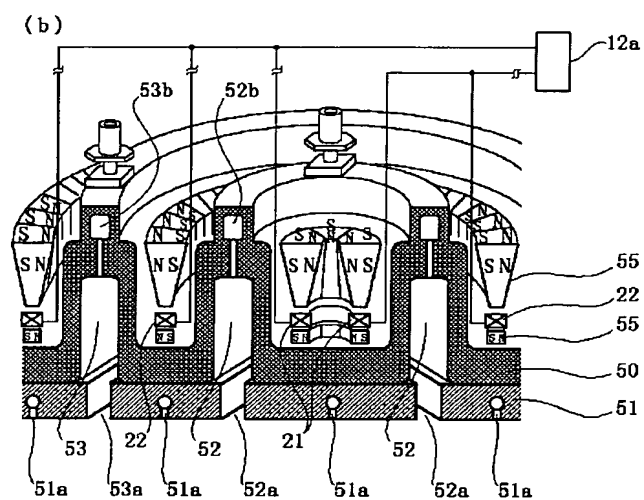
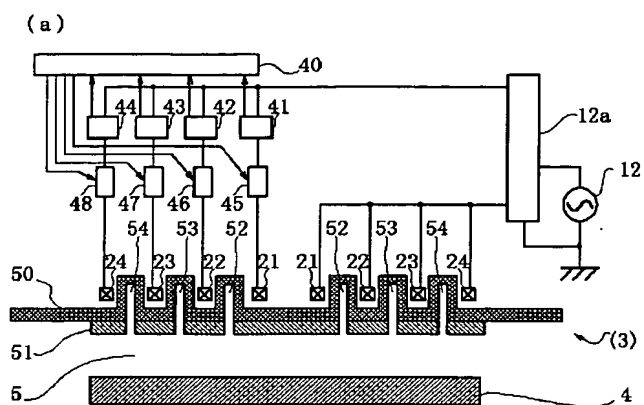
[Drawing 1]



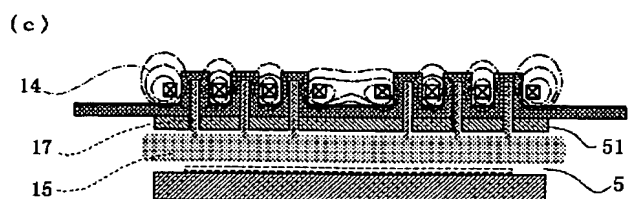
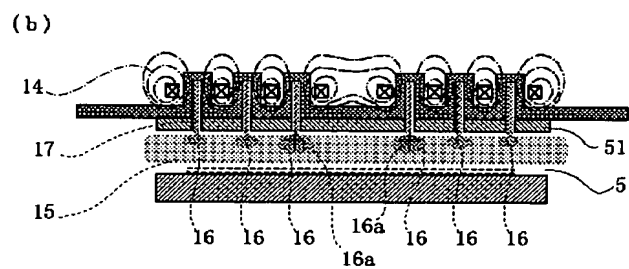
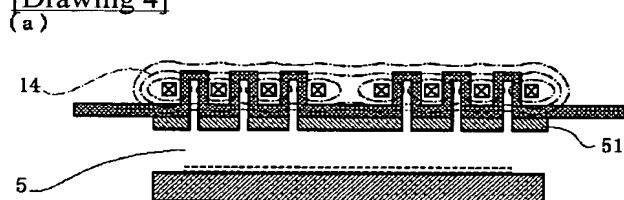
[Drawing 2]

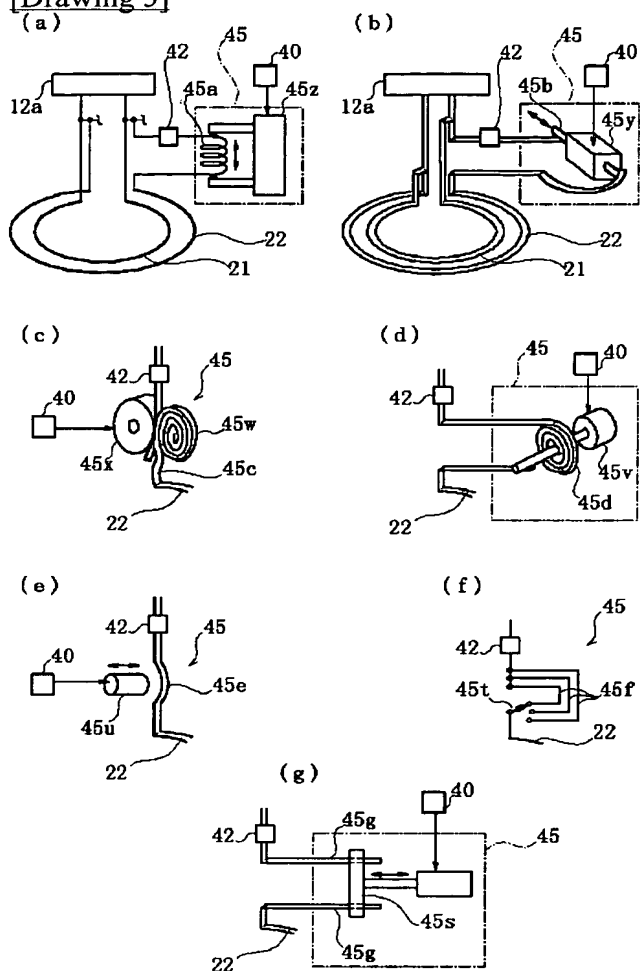


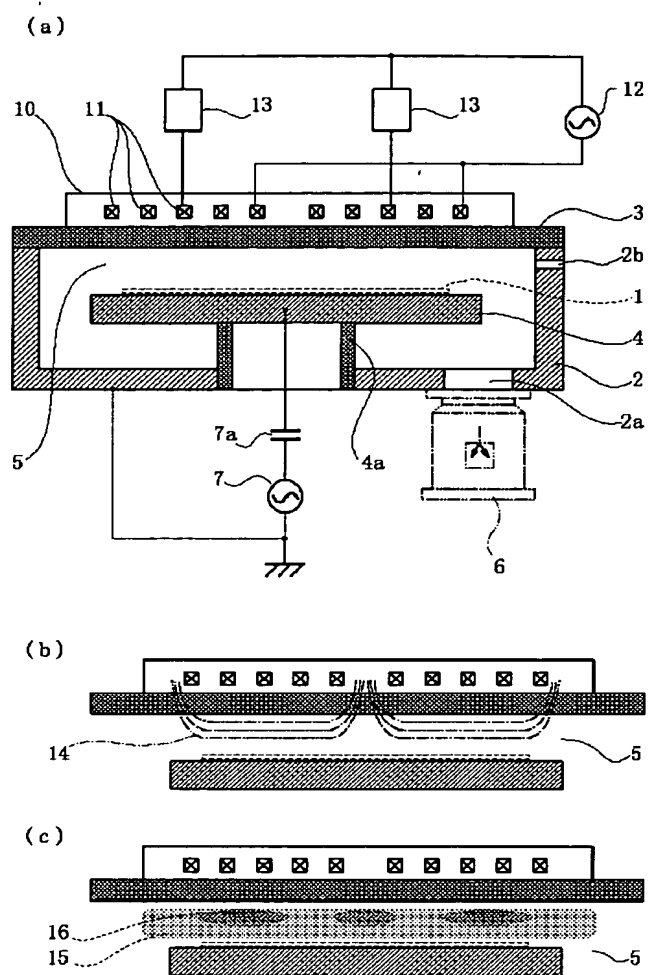
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5][Drawing 9]



[Translation done.]

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H05H 1/46

H05H 1/46

L 4K030

C23C 16/50

C23C 16/50

M 5F004

H01L 21/205

H01L 21/205

5F045

21/3065

21/31

C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全12頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-222562

(22) 出願日 平成10年8月6日 (1998. 8. 6)

(71) 出願人 596064444

株式会社エフオーアイ

川崎市高津区坂戸3-2-1 かながわサイ

エンスパーク

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 奥村 裕

川崎市高津区坂戸3-2-1 かながわサイ

エンスパーク 株式会社エフオーアイ内

(74) 代理人 100106345

弁理士 佐藤 香

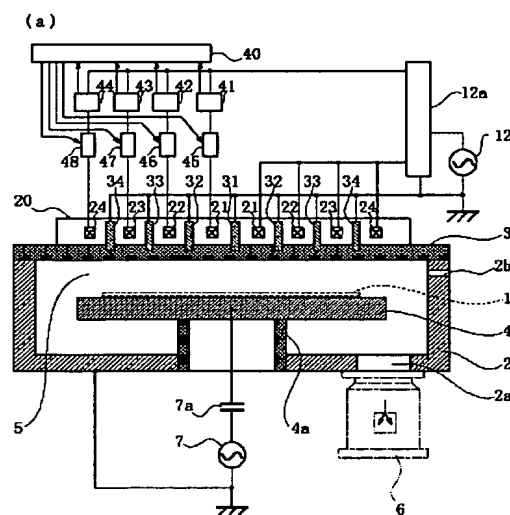
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

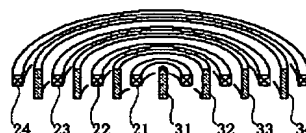
(57) 【要約】

【課題】 均一性の良いプラズマ処理装置を実現する。

【解決手段】 プラズマ空間5の形成された真空チャンバ2+3と、この真空チャンバに付設された複数の誘導結合素子21~24と、これら複数の誘導結合素子に高周波を印加する電力供給手段12とを具備したプラズマ処理装置において、その高周波のラインに介挿して又は付加して設けられ複数の誘導結合素子21~24に分配される電力を調整する電力調整手段40~48と、複数の誘導結合素子21~24の間に設けられ又は形成された相互干渉軽減手段32~34とを備える。複数の誘導結合素子の相互干渉を軽減して独立性を高めたことにより、電磁界分布に対する局所ごとの制御性が向上して、プラズマ空間5のプラズマ密度分布が一様になる。



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】プラズマ空間の形成された真空チャンバと、この真空チャンバに付設された複数の誘導結合素子と、これら複数の誘導結合素子に高周波を印加する電力供給手段とを具備したプラズマ処理装置において、前記高周波のラインに対して設けられ前記複数の誘導結合素子に分配される電力を調整する電力調整手段と、前記複数の誘導結合素子の間に設けられ又は形成された相互干渉軽減手段とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】前記相互干渉軽減手段は、前記複数の誘導結合素子の間に延びた前記プラズマ空間の拡張部であることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】前記プラズマ空間に供給された電力についての分配状態を検出する電力分配状態検出手段を備えたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載されたプラズマ処理装置。

【請求項 4】前記電力調整手段は、前記電力分配状態検出手段の検出に基づいて電力の調整を行うものであることを特徴とする請求項 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】前記電力調整手段は、前記高周波のラインのインダクタンスを変化するものであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れかに記載されたプラズマ処理装置。

【請求項 6】前記電力分配状態検出手段は、前記高周波のラインに捲回されたピックアップコイル、前記高周波のラインに接続された高電圧プローブ、前記プラズマ空間に向けて設置された分光器、及び前記真空チャンバに埋設もしくは付設された熱電対のうち何れか一つ又は複数を含んだものであることを特徴とする請求項 3 記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、IC や LCD など高精度の製造工程においてエッチング・成膜・アッシング等のプラズマ処理を行うのに好適なプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図 9 (a) に要部の縦断面模式図を示したプラズマ処理装置は、真空チャンバ本体部 2 及び真空チャンバ蓋部 3 等からなり内部にプラズマ処理空間 5

(プラズマ空間) が形成された真空チャンバと、この真空チャンバに付設されたコイルユニット 10 と、このコイルユニット 10 のコイル 11 (誘導結合素子) に高周波を印加する RF 電源 12 (電力供給手段) とを備えたものである。真空チャンバ本体部 2 には貫通口 2a や貫通口 2b などが形成され、それぞれ、プラズマ維持に適した真空圧を確保する真空ポンプ 6 や、プラズマ処理に要する適宜の処理ガスを供給する図示しないガスユニット等が接続されている。真空チャンバ内のプラズマ処理

空間 5 には、被処理物 1 を乗載するカソード部 4 が設置されるが、このカソード部 4 は、真空チャンバ本体部 2 の内底に植設されたサポート 4a によって支持されるとともに、ブロッキングキャパシタ 7a を介して RF 電源 7 に接続されている。

【0003】そして、図示しないゲート付きの貫通口を介して被処理物 1 がカソード部 4 上に搬入され、プラズマ処理空間 5 が所定のガス圧等に達したところで、RF 電源 12 からコイル 11 に高周波が印加されると、コイル 11 から発した交番電磁界によってプラズマ処理空間 5 のガスが励起されて、そこにプラズマが発生・形成される。こうして、被処理物 1 の上面がプラズマに曝されて、被処理物 1 に対するプラズマ処理が行われる。その際、RF 電源 7 も稼動させれば、プラズマ処理に異方性が付与される。

【0004】このようなプラズマ処理に関し、その均一性を向上させるために、コイルユニット 10 を複数のコイル 11 で構成するとともに、各コイルそれぞれに電流調整手段として可変コンデンサ 13 を接続したプラズマ処理装置も知られている (特開平 8-50998 号公報参照)。これは、複数コイルの並列接続によって磁束密度を高めるとともに、各コイル 11 に流れる電流を調整することで磁束密度分布の均一化も得ようとするものである。

【0005】そして、プラズマを発生させるときプラズマ処理空間 5 に生じる等電位線 14 や磁束密度分布は、それなりに一様になる (図 9 (b) 参照)。ところが、プラズマ処理空間 5 に低温プラズマ 15 が発生した後は、様子が異なる。しばしば低温プラズマ 15 の一部・局所にプラズマ高濃度部 16 が生じてしまい (図 9

(c) 参照)、その結果、等電位線 14 等の一様性に見合ったプラズマ処理の均一性を確保することは困難となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】もちろん、局所的なプラズマ高濃度部を抑制するように、電流調整手段を利用して各コイルの電流についての更なる調整を行うことも可能である。しかしながら、上述した従来のプラズマ処理装置では、設置位置の異なる各コイルから発した電磁界を相互に重ねることで、プラズマ処理空間における電磁界の一様性を得るものなので、必然的に、プラズマ処理空間内で各コイルからの電磁界が相互に干渉しあうようになっている。

【0007】一方、プラズマは、イオンの多い高濃度部ほど電磁結合の度合いが高いので、プラズマ高濃度部は益々濃くなり、プラズマ密度分布が斑になるという特質がある。このため、プラズマ高濃度部に間近なコイルの電流を調整しただけでは、隣接コイル等の他のコイルからの電磁界が残り、そのエネルギーを吸収してプラズマ高濃度部は維持される。かといって、干渉しうる複数個

10

20

30

40

50

のコイルについて電流を調整したのでは、確かに、それらコイル近辺ではプラズマが発生しにくくすることはできるが、逆に、その周辺ではプラズマが発生しやすくなってしまうので、結果的にはプラズマ高濃度部が移動しただけとなり均一性は一向に改善されない。

【0008】そこで、複数の誘導結合素子を用いてプラズマにエネルギーを供給するに際し、電磁界の一様性を追求することでは得難い高度なプラズマ密度分布の均一度を、如何にして確保するかが技術的な課題となる。この発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、均一性の良いプラズマ処理装置を実現することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために発明された第1乃至第6の解決手段について、その構成および作用効果を以下に説明する。

【0010】〔第1の解決手段〕第1の解決手段のプラズマ処理装置は、(出願当初の請求項1に記載の如く)、プラズマ空間の形成された真空チャンバと、この真空チャンバに付設された複数の誘導結合素子と、これら複数の誘導結合素子に高周波を印加する電力供給手段とを具備したプラズマ処理装置において、前記高周波のラインに対し介挿や付加等にて設けられ前記複数の誘導結合素子に分配される電力を調整する電力調整手段と、前記複数の誘導結合素子の間に設けられ又は形成された相互干渉軽減手段とを備えたものである。

【0011】このような第1の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、相互干渉軽減手段の介在によって誘導結合素子同士の相互干渉が阻止・軽減されるので、プラズマ高濃度部に間近な誘導結合素子の電力を調整したときに、隣接素子等の他の誘導結合素子からの影響が無いので又は少ないので、そのプラズマ高濃度部へのエネルギー供給量が迅速に絞られる。その一方で、高濃度部の周りなど濃度の低いプラズマに対しては、その局所的な電力調整にほとんど影響されることなく、他の誘導結合素子からのエネルギー供給が継続される。

【0012】このように複数の誘導結合素子の相互干渉を軽減して独立性を高めたことにより、電磁界分布の一様性は多少失われても電磁界分布に対する局所ごとの制御性が向上して、局所的なプラズマ高濃度部の発生を的確に抑制しうるので、プラズマ空間にプラズマが一様な密度で分布することとなる。したがって、この発明によれば、均一性の良いプラズマ処理装置を実現することができる。

【0013】〔第2の解決手段〕第2の解決手段のプラズマ処理装置は、(出願当初の請求項2に記載の如く)、上記の第1の解決手段のプラズマ処理装置であって、前記相互干渉軽減手段は、前記複数の誘導結合素子の間に延びた前記プラズマ空間の拡張部であることを特徴とする。

【0014】このような第2の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、相互干渉軽減手段すなわちプラズマ空間の拡張部によって伝搬を遮られた電磁界のエネルギーは、そのプラズマ空間の拡張部においてプラズマに吸収される。これにより、誘導結合素子に印加した電力は、相互干渉軽減手段で浪費されることなく、ほぼ総てがプラズマに供給されることとなる。したがって、この発明によれば、均一性に加えてエネルギー効率も良いプラズマ処理装置を実現することができる。

10 【0015】〔第3の解決手段〕第3の解決手段のプラズマ処理装置は、(出願当初の請求項3に記載の如く)、上記の第1、第2の解決手段のプラズマ処理装置であって、前記プラズマ空間に供給された電力についての分配状態を検出する電力分配状態検出手段を備えたことを特徴とする。

【0016】〔第4の解決手段〕第4の解決手段のプラズマ処理装置は、(出願当初の請求項4に記載の如く)、上記の第3の解決手段のプラズマ処理装置であって、前記電力調整手段は、前記電力分配状態検出手段の検出に基づいて電力の調整を行うものである。

【0017】このような第3、第4の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、プラズマ空間に局所的な高濃度部が生じると、そこそこ間に間近な誘導結合素子との結合度が高まりその誘導結合素子への電力が増加するが、その電力分配状態の変化が電力分配状態検出手段によって検出されるとともに、その検出に基づき電力調整手段によって複数の誘導結合素子への分配電力が調整される。

30 【0018】これにより、局所的なプラズマ密度の変動に対しその変動を相殺・緩和するようにそれぞれのところで各誘導結合素子への電力が加減されて、自動的に適切なフィードバック制御がかかる。そこで、処理ガスの種類や流量さらにはガス圧などの不意の変動あるいは意識的な切り替え等に起因して、プラズマの状態が変化した場合でも、確実にプラズマの一様性が確保されることとなる。したがって、この発明によれば、常に均一性の良いプラズマ処理装置を実現することができる。

40 【0019】〔第5の解決手段〕第5の解決手段のプラズマ処理装置は、(出願当初の請求項5に記載の如く)、上記の第1～第4の解決手段のプラズマ処理装置であって、前記電力調整手段は、前記高周波のラインのインダクタンスを可変するものである。

【0020】このような第5の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、インダクタンスが可変されると、そのラインに接続された誘導結合素子に流れる電流ばかりか印加電圧も変化する。これにより、電力の調整が行われる。

50 【0021】〔第6の解決手段〕第6の解決手段のプラズマ処理装置は、(出願当初の請求項6に記載の如く)、上記の第3の解決手段のプラズマ処理装置であって

て、前記電力分配状態検出手段は、前記高周波のラインに捲回されたピックアップコイル、前記高周波のラインに接続された高電圧プローブ、前記プラズマ空間に向けて設置された分光器、及び前記真空チャンバに埋設もしくは付設された熱電対のうち何れか一つ又は複数を含んだものである。

【0022】このような第6の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、プラズマ空間に局所的な高濃度部が生じると、そのプラズマ状態の変化が、それに伴うプラズマ発光の変化に基づいて、分光器にて検出される。また、プラズマ状態の変化は、それに伴うプラズマ温度分布の変化に基づいて、熱電対を用いても直接的に検出される。さらに、プラズマ状態の変化は、それに伴うプラズマ高濃度部と誘導結合素子との結合度の変化により各誘導結合素子への電力分配状態の変化を誘発するので、これに基づき、ピックアップコイルを用いて各誘導結合素子への高周波ラインの電流を測定することや、高電圧プローブを用いて各誘導結合素子への高周波ラインの電圧を測定することによっても、間接的に検知することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】このような解決手段で達成された本発明のプラズマ処理装置について、これを実施するための形態を、以下の第1、第2実施例および第1、第2変形例により説明する。図1及び図2に示した第1実施例は、上述の第1、第3、第4解決手段を具現化したものであり、図3及び図4に示した第2実施例は、上述の第2、第3、第4解決手段を具現化したものであり、図5に示した第1変形例は、上述の第5解決手段を具現化したものであり、図6に示した第2変形例は、上述の第6解決手段を具現化したものである。

【0024】

【第1実施例】本発明のプラズマ処理装置の第1実施例について、その具体的な構成を、図面を引用して説明する。図1(a)は、その主要部の縦断面模式図であり、従来の図9(a)に対応している。また、図1(b)は、そのうちの誘導結合素子および相互干渉軽減部材を斜めにして視た図である。

【0025】このプラズマ処理装置は(図1(a)参照)、従来同様に、プラズマ空間5の形成された真空チャンバ本体部2及び真空チャンバ蓋部3(真空チャンバ)と、この真空チャンバに付設されたコイル21~24(複数の誘導結合素子)と、これら複数の誘導結合素子に高周波を印加するRF電源12及びマッチングボックス12a(電力供給手段)とを具備している。また、プラズマ処理空間5に設置されるカソード部4や、そのカソード部4に接続されるRF電源7、真空チャンバ本体部2の貫通口2aに接続される真空ポンプ6なども従来通り設けられている。

【0026】これに対し、コイル21~24の間にメタ

ルリング31~34(相互干渉軽減手段)が設けられている点と(図1(a)及び(b)参照)、RF電源12からコイル21~24に至る高周波のラインに対し可変コンデンサ13に代えて電力分配制御回路40~48

(電力調整手段)が導入されている点で(図1(a)参照)、従来と相違する。また、コイル21~24は、複数個に分割して設けられているという点では従来同様であるが、メタルリング31等の介挿を可能とするために順に並べて設置しうるような形状や大小関係を持つ点では従来と相違する。

【0027】このプラズマ処理装置は、液晶基板等の角形の被処理物1を処理する場合には主要部がほぼ長方形に形成されるが、ここではIC用シリコンウエハ等の丸形の被処理物1を処理するためにほぼ丸形状・円筒状・環状に形成される場合について説明する(図1(b)参照)。真空チャンバ本体部2は、プラズマ処理空間5の周りを接地可能なようにアルミニウム等の金属から加工形成されるが、真空チャンバ蓋部3は、チャンバ外側のコイル21~24から送出された交番電磁界をチャンバ内側のプラズマ処理空間5に効率良く伝搬するために誘電率の高いセラミック等の絶縁部材から作られる。

【0028】カソード部4は、電極の機能も持たせるために金属等の良導体を加工して形成されるが、ウエハ等の被処理物1を乗載するために上面が平坦に仕上げられるとともに絶縁処理も施される。真空ポンプ6は、必要な真空度に基づいてロータリポンプやメカニカルブースタ等が用いられる。なお、真空チャンバ本体部2の貫通口2aを介してプラズマ処理空間5へ供給される処理ガスとしては、CF系ガスやシランガス等の反応ガスに適量の希釈ガスを混合させたもの等が供給されるようになっている。

【0029】RF電源7は、プラズマ処理の異方性の源となるバイアス電圧を調節しうるようにより、その出力パワーが可変のものであり、周波数400KHz~20MHzのものがよく用いられる。RF電源12は、やはり出力パワーが可変のものであり、プラズマの励起および維持のために、その最大出力パワーは大きい。また、その周波数は5MHz~510MHzとされることが多い。なお、マッチングボックス12aは、無駄な反射電力の低減等のためにRF電源12に付随して設けられるが、RF電源12からコイル21~24に至る高周波のラインを明確にするために、これも図示した。

【0030】コイル21~24は、その順に径の増加する異径の円状コイルであり、コイルユニット20内で同心円状に内周側から外周側へ並べて設置される。コイルユニット20は、コイルユニット10同様、チャンバ外側から真空チャンバ蓋部3に装着されるようになっている。メタルリング31~34は(図1(b)参照)、何れも接地可能なようにアルミニウム等の良導体からなり、径は大小異なるが高さは概ね等しい筒状体・環状体

に形成されたものである。メタルリング 31 はコイル 21 より小さくされ、メタルリング 32 の径はコイル 21, 22 の中間とされ、メタルリング 33 の径はコイル 22, 23 の中間とされ、メタルリング 34 の径はコイル 23, 24 の中間とされ、それぞれコイルユニット 20 への装着に際してコイル 21 ~ 24 の間へ交互に挿入されるようになっている。

【0031】電力分配制御回路 40 ~ 48 は (図 1

(a) 参照)、各コイル 21 ~ 24 に分配される電力を調整する際にフィードバック制御で適切な調整を為すために、プラズマ空間 5 に供給された電力についての分配状態を検出する電流検出部 41 ~ 44 (電力分配状態検出手段) と、その検出値に基づいてプラズマ密度の局所変動を抑制するのに適した電力分配量を算出する帰還制御部 40 (電力分配量演算手段) と、その算出値に従って各コイル 21 ~ 24 への電力を可変する配線長可変部 45 ~ 48 とを具えて、プラズマ空間への供給電力の分配状態を検出するとともに、その検出に基づいて電力の調整を行うものとなっている。

【0032】電流検出部 41 ~ 44 は、後の第 2 変形例の欄にて詳述するが、RF 電源 12 からマッチングボックス 12a を経てコイル 21 ~ 24 に至るそれぞれのラインに対して設けられ、何れも、該当ラインの電流を検出して帰還制御部 40 に通知するようになっている。配線長可変部 45 ~ 48 は、後の第 1 変形例の欄にて詳述するが、それぞれ電流検出部 41 ~ 44 の設置ラインに対して設けられ、何れも、該当ラインのインダクタンスを変えることで該当ラインの電流および電圧を可変するようになっている。なお、配線長可変部は、高周波の各ラインへの電力分配比率を変えるためのものなので、電流検出部 44 のラインに対する配線長可変部 48 は省略可能である。

【0033】帰還制御部 40 は、マイクロプロセッサ等の演算回路・制御回路からなり、多入力システムの適切な制御を担うために、ウィナーホフフィルタやカルマンフィルタ等に基づくレギュレータやオブザーバなど適宜のシステム制御機能を具備しており、あるいは単一入力の PID 制御手段等を複数具有しており、これによって、継続的に、電流検出部 41 ~ 44 からその電流検出値を入力するとともに、その検出値に基づきその時点での電力分配状態を推定し、各コイル 21 ~ 24 に対する適切な目標電力分配量からのずれ等を算出し、この算出値に応じて配線長可変部 45 ~ 48 の駆動制御を行うようになっている。なお、目標電力分配量は、各コイル 21 ~ 24 からプラズマ処理空間 5 へ送出される電力の空間密度が平準化されるように共通の初期値を定めておき、個々の装置ごとに実測して微調整を施すと良い。

【0034】この第 1 実施例のプラズマ処理装置について、その使用態様及び動作を、図面を引用して説明する。図 2 は、その動作状態を模式化したものであり、

(a) 及び (c) が電磁界の分布状態を示し、(b) 及び (d) がプラズマの分布状態を示す。

【0035】被処理物 1 にプラズマ処理を施すには、先ず図示しないゲート等を開け、そこから被処理物 1 を真空チャンバ (2+3) 内に搬入してカソード部 4 上に載せる。そして、そのゲート等を閉じて真空ポンプ 6 を作動させるとともに、貫通口 2b を介するガス供給などを適宜に開始すると、やがてプラズマ処理空間 5 内におけるガス圧等の雰囲気はプラズマ発生の可能な状態になる。なお、電力分配制御回路 40 ~ 48 の目標電力分配量は、初期値のままとして、以下、説明する。

【0036】次に、RF 電源 12 を作動させると、マッチングボックス 12a を介してコイル 21 ~ 24 に高周波が印加され、それらのコイル 21 ~ 24 から交番電磁界が発せられる。また、この段階では、この電磁界は、各コイル 21 ~ 24 の周囲に伝搬され、特に、高誘電体の真空チャンバ蓋部 3 を介してプラズマ処理空間 5 には効率良く伝搬されるが、その際、接地されたメタルリング 31 ~ 34 に至るとその方向にはそれ以上伝搬しえないので、各コイル 21 ~ 24 からの電磁界はそれぞれメタルリング 31 ~ 34 で挟まれた該当範囲およびその延長範囲に概ね制限されてプラズマ処理空間 5 に進行する。こうして、プラズマ処理空間 5 に生じる等電位線 14 等は、全体的に均してみれば概ね一様とも言えるが、メタルリング 31 ~ 34 で区分された複数の小塊が連なった如き凸凹したものになる (図 2 (a) 参照)。

【0037】そして、プラズマ処理空間 5 内でガスが励起されて、低温プラズマ 15 が形成されると、そのプラズマが被処理物 1 の表面に作用してプラズマ処理が為される。その際、RF 電源 7 も作動させると、低温プラズマ 15 中のイオン等がカソード部 4 に向けて加速されて、被処理物 1 の処理に異方性が加わる。なお、プラズマ高濃度部 16 は、各コイル 21 ~ 24 に対し一対一で発生し、局部的には不均一となるが、プラズマ 15 は、拡散能力が強いので、基板上では平準化された概ね一様な分布となる。一方、各コイル 21 ~ 24 で作られるプラズマ高濃度部 16 の相対的な大きさは、プラズマ処理中のガス流量や圧力の変化、又はレシピ変更による処理条件の変化、さらにはチャンバ壁に付着した堆積物の変化などに起因したプラズマ特性の変化により、常に変化する。この変化は、基板上でのプラズマ均一性を悪化させる。従って、プラズマの状態により、異常なプラズマプラズマ高濃度部 16a の発生は避けられない (図 2 (b) 参照)。

【0038】異常なプラズマ高濃度部 16a が発現すると、その間近のコイル例えばコイル 21 等の電力分配量が増加する。そうすると、そのことが電流検出部 41 ~ 44 及び帰還制御部 40 によって検知され、さらに、その電力変動を打ち消すように配線長可変部 45 ~ 48 が帰還制御部 40 によって制御される。そして、プラズマ

高濃度部 16 a へ延びる等電位線 14 が弱まって縮まり、相対的に他の等電位線 14 が強まって張り出す (図 2 (c) 参照)。そのように各コイル 21 ~ 24 への電力分配が調整される。こうして、異常なプラズマ高濃度部 16 a は、発現しても速やかに消滅させられ、あるいは発現自体が抑制されるので、プラズマ処理空間 5 の低温プラズマ 15 は、常時、ほぼ様な分布状態に保たれる (図 2 (d) 参照)。

【0039】

【第 2 実施例】本発明のプラズマ処理装置の第 2 実施例 10 について、その具体的な構成を、図面を引用して説明する。図 3 (a) は、その主要部の縦断面模式図であり、従来の図 9 (a) 及び第 1 実施例の図 1 (a) に対応している。また、図 3 (b) は、そのうち、誘導結合素子の周りを斜めにして視た図である。

【0040】このプラズマ処理装置が上述の第 1 実施例 20 のものと相違するのは、単純な平板状部材であった真空チャンバ蓋部 3 がプラズマ発生チャンバ部 50 及びアノード部 51 で置換されて、メタルリング 32 ~ 34 の在ったところには各々プラズマ発生空間 52 ~ 54 が形成されたものとなっている点である (図 3 参照)。また、これに伴って、貫通口 2 b を廃止し、その代わりにプラズマ用ガスをプラズマ発生用ガスと処理ガスとに分けて処理ガスはアノード部 51 を介しプラズマ発生用ガスはプラズマ発生チャンバ部 50 を介して真空チャンバ内へ送給するようになった点も相違する。

【0041】アノード部 51 は、接地可能な金属板状体 30 からなり、プラズマ発生空間 52 ~ 54 とプラズマ処理空間 5 とを連通させる多数の連通口 52 a, 53 a 等が貫通して穿孔されるとともに、プラズマ処理空間 5 へ向けて開口した処理ガス供給口 51 a も多数形成されている (図 3 (b) 参照)。処理ガスとしては、CF 系ガスやシランガス等の反応ガスに適量の希釈ガスを混合させたもの等が供給されるようになっている。

【0042】プラズマ発生チャンバ 50 は、セラミック等の絶縁物から作られるが、これには、プラズマ発生空間 52, 53, 54 となる複数 (図 3 では 3 個) の環状溝が同心に彫り込まれて形成される。そして、プラズマ発生チャンバ 50 は、プラズマ発生空間 52 ~ 54 の開口側 (縦断面図では下面) をアノード部 51 の上面に密着した状態で固設される。その際、プラズマ発生空間 52 ~ 54 の開口がアノード部 51 の連通口 52 a, 53 a 等に重なるように位置合わせがなされる。これにより、プラズマ発生空間 52 ~ 54 とプラズマ処理空間 5 とが互いに隣接し且つ連通したものとなり、さらに、プラズマ発生空間 52 ~ 54 がプラズマ処理空間 5 との隣接面に沿って線状に延びたものとなる。

【0043】また、プラズマ発生チャンバ 50 は、プラズマ発生空間 52 ~ 54 のさらに奥 (縦断面図では上方) に取着されたガス配給部材によってプラズマ用ガス 50

送給路 52 b, 53 b がやはり環状・線状に形成され、両者が多数の小穴で連通されていて、プラズマ発生空間 52 ~ 54 は底部 (縦断面図では上方) からプラズマ発生用ガスの供給を受けて高密度プラズマ 17 を発生させ連通口 52 a, 53 a 等を介してプラズマ処理空間 5 へそれを送り込むものとなっている。プラズマ発生用ガスにはアルゴン等の不活性で化学反応しないものが用いられるようになっている。

【0044】さらに、プラズマ発生チャンバ 50 は、プラズマ発生空間 52 ~ 54 を囲む側壁と底部とを残すようにしてプラズマ発生空間 52 ~ 54 開口側の裏の面 (縦断面図では上面) が削り取られる。そして、そこに、コイル 21 ~ 24 が詰め込まれる (図 3 (b) 参照)。これにより、プラズマ発生空間 52 ~ 54 は、コイル 21 ~ 24 (複数の誘導結合素子) の間に延びたプラズマ空間 5 の拡張部となっている。

【0045】なお、その際、コイル 21 ~ 24 の上下には、永久磁石 55 も詰め込まれる。これらの永久磁石 55 は、同心環状のプラズマ発生空間 52 ~ 54 間に詰め込まれてやはり環状となるが、環状の所望な誘起電流を断つために小片に分けて形成されている。そして、多数の永久磁石片 55 がプラズマ発生空間 52 ~ 54 側壁に沿って列設されることで、プラズマ発生空間 52 ~ 54 に対応した環状の磁気回路が構成される。この磁気回路の存在により、プラズマ発生空間 52 ~ 54 内で励起された電子がその中に留まりながら衝突を繰り返して、プラズマ発生空間 52 ~ 54 内に高密度プラズマ 17 が生成されるようになっている。

【0046】この第 2 実施例のプラズマ処理装置について、その使用態様及び動作を、図面を引用して説明する。図 4 は、その動作状態を模式化したものであり、(a) が電磁界の分布状態を示し、(b) と (c) とがプラズマ及び電磁界の分布状態を示す。

【0047】プラズマ処理空間 5 内の雰囲気がプラズマ発生 of 可能な状態になったところで、RF 電源 12 を作動させると、高周波の印加されたコイル 21 ~ 24 から交番電磁界が発せられるが、この場合、各コイル 21 ~ 24 の周囲に伝搬された電磁界は、接地されたアノード部 51 によってプラズマ処理空間 5 へ向けた縦方向の進行を阻止され、その代わりにプラズマ発生空間 52 ~ 54 へ向けて横方向に効率良く伝搬する。そして、プラズマが励起形成されるまでは、プラズマ発生チャンバ部 50 のところに生じる等電位線 14 等は、互いに重なり合ってほぼ一様に分布し、プラズマ発生空間 52 ~ 54 内にも及ぶ (図 4 (a) 参照)。

【0048】プラズマ発生空間 52 ~ 54 に交番電磁界が及ぶと、その中のプラズマ発生用ガスが励起されて、高密度プラズマ 17 が発生する (図 4 (b) 参照)。この高密度プラズマ 17 は、イオン種成分の比率が高く、膨張圧力等によってプラズマ発生空間 52 ~ 54 から連

通口 5 2 a, 5 3 a 等を経てプラズマ処理空間 5 へ流れ出る。そして、プラズマ処理空間 5 内の処理ガス等と混合されて、低温プラズマ 1 5 となる。

【0049】そして、プラズマ発生空間 5 2 ~ 5 4 に高密度プラズマ 1 7 が形成されると、コイル 2 1 ~ 2 4 からの電磁界は、高密度プラズマ 1 7 によって吸収または反射されることから、プラズマ発生空間 5 2 ~ 5 4 に至るとその方向にはそれ以上伝搬しえないので、それぞれプラズマ発生空間 5 2 ~ 5 4 で仕切られた該当範囲に制限されて、相互に分離される。こうして、プラズマ処理空間 5 に生じる等電位線 1 4 等は、全体的に均してみれば依然として概ね一様とも言えるが、プラズマ発生空間 5 2 ~ 5 4 で区分された複数の小塊が並んだ如き凸凹したものになる (図 4 (b) 参照)。

【0050】そして、プラズマ処理空間 5 内のプラズマ 1 5 が被処理物 1 の表面に作用してガス種やプラズマ状態に応じたプラズマ処理が為される。その際、RF 電源 7 も作動させると、低温プラズマ 1 5 中のイオン等がカソード部 4 に向けて加速されて、被処理物 1 の処理に異方性が加わる。なお、プラズマ 1 5 は、拡散能力が強いので、等電位線 1 4 の及ばないプラズマ処理空間 5 内では、速やかに混合・平準化され、その密度分布は概ね一様となる。もっとも、上述したように、プラズマ処理中に刻々と変化するプラズマ特性に応じて、各発生空間 5 2 ~ 5 4 で生成される高密度プラズマ 1 7 に濃度差が生じ易く、その影響が残ってプラズマ処理空間 5 に局所的なプラズマ高濃度部 1 6 が発生するのは避けられない (図 4 (b) 参照)。

【0051】プラズマ高濃度部 1 6 が発現するほど大きく各プラズマ発生空間 5 2 ~ 5 4 の高密度プラズマ 1 7 に濃度差が生じると、その間近のコイル例えばコイル 2 2 等の電力分配量が増加する。そうすると、そのことが電流検出部 4 1 ~ 4 4 及び帰還制御部 4 0 によって検知され、さらに、その電力変動を打ち消すように配線長可変部 4 5 ~ 4 8 が帰還制御部 4 0 によって制御される。そして、プラズマ高濃度部 1 6 に間近なプラズマ発生空間 5 2 等へ延びる等電位線 1 4 が弱まって縮まり、相対的に他の等電位線 1 4 が強まって張り出すように (図 4 (c) 参照)、各コイル 2 1 ~ 2 4 へ電力が分配供給される。こうして、プラズマ高濃度部 1 6 は、発現しても速やかに消滅させられ、あるいは発現自体が抑制されるので、プラズマ処理空間 5 の低温プラズマ 1 5 は、常時、ほぼ一様な分布状態に保たれる (図 4 (c) 参照)。

【0052】

【第 1 変形例】本発明のプラズマ処理装置における電力調整手段の電力可変手段について、より具体的な構成例を幾つか述べる。図 5 (a) に示した配線長可変部 4 5 は、コイル 2 2 に配分される電力を可変するものであり、マッチングボックス 1 2 a からコイル 2 2 に至る高

周波のラインに介挿されたバネ部 4 5 a と、バネ部 4 5 a の両端に連結された一対の可動アームを移動させる駆動部 4 5 z とを具えて、帰還制御部 4 0 の制御に従って駆動部 4 5 z が可動アーム間の距離を変化させることでバネ部 4 5 a のインダクタンスが可変されるようになっている。

【0053】図 5 (b) に示した配線長可変部 4 5 は、やはりコイル 2 2 に配分される電力を可変するために、マッチングボックス 1 2 a からコイル 2 2 に至る高周波のラインに介挿され一端がそのラインの一方に接続され他端側がそのラインの他方と摺動する良導体のロッド 4 5 b と、ロッド 4 5 b を進退させる駆動部 4 5 y とを具えて、帰還制御部 4 0 の制御に従って駆動部 4 5 y がロッド 4 5 b の位置を変えてロッド 4 5 b の有効長さを変化させることで高周波のラインにおけるインダクタンスが可変されるようになっている。

【0054】図 5 (c) に示した配線長可変部 4 5 は、マッチングボックス 1 2 a からコイル 2 2 に至る高周波のラインに介挿された配線ボビン 4 5 w と、配線ボビン 4 5 w と高周波ラインとの接触圧力を確保するとともに配線ボビン 4 5 w を回転させる駆動部 4 5 x とを具えて、帰還制御部 4 0 の制御に従って駆動部 4 5 x が配線ボビン 4 5 w の巻取量を変えてそれから繰り出されたライン部分 4 5 c の長さを変化させることで高周波のラインにおけるインダクタンスが可変されるようになっている。

【0055】図 5 (d) に示した配線長可変部 4 5 は、マッチングボックス 1 2 a からコイル 2 2 に至る高周波のラインに介挿されたゼンマイ状配線部 4 5 d と、ゼンマイ状配線部 4 5 d の中心端に回転軸が連結された双方向回転可能な駆動部 4 5 v とを具えて、帰還制御部 4 0 の制御に従って駆動部 4 5 v がゼンマイ状配線部 4 5 d の巻き具合を変化させることで高周波のラインのインダクタンスが可変されるようになっている。

【0056】図 5 (e) に示した配線長可変部 4 5 は、マッチングボックス 1 2 a からコイル 2 2 に至る高周波のライン 4 5 c にまで磁束線を延ばす電磁石または永久磁石等の磁石 4 5 u を帰還制御部 4 0 の制御に従って往復動させ、これによってライン 4 5 c 周りの磁界強度を変化させることで高周波のラインにおけるライン 4 5 c 部分のインダクタンスが可変されるようになっている。

【0057】図 5 (f) に示した配線長可変部 4 5 は、マッチングボックス 1 2 a からコイル 2 2 に至る高周波のラインに介挿され長さの異なる複数の分岐線 4 5 f と、分岐線 4 5 f の何れか一つが高周波ラインに接続されるように切り替えられるスイッチ 4 5 t とを具えて、帰還制御部 4 0 の制御に従ってスイッチ 4 5 t の接続先を変えて分岐線 4 5 f のところの配線長を変化させることで高周波のラインのインダクタンスが可変されるようになっている。

【0058】図5(g)に示した配線長可変部45は、マッチングボックス12aからコイル22に至る高周波ラインの切断部分45gに介挿され一端側がそのライン切断部分45gの一方と摺動し他端側がそのライン切断部分45gの他方と摺動する良導体のブリッジ45sを具えるとともに、高周波ラインの切断部分45gをほぼ平行に保ち、その状態で帰還制御部40の制御に従ってブリッジ45sを切断部分45gに沿って往復移動させることで高周波のラインにおける有効長およびインダクタンスが可変されるようになっている。

【0059】

【第2変形例】本発明のプラズマ処理装置における電力調整手段の電流検出手段について、より具体的な構成例を述べる。図6に示した電流検出部42は、プラズマ空間(5、52~54)に供給された電力についての分配状態を検出する電力分配状態検出手段のうち、コイル22への高周波ラインに対して設けられた部分である。

【0060】この電流検出部42は、銅箔等で帯状に形成されマッチングボックス12aと配線長可変部45とを結ぶ高周波のラインを切断して、そこに銅線等からなる心線42aを挿入接続することで、高周波のラインに介挿される。その心線42aは絶縁被覆42bで覆われており、その介挿に際し、コイルを更に環状に丸めたピックアップコイル42cが心線42a及び絶縁被覆42bを取り巻くように装着される。ピックアップコイル42cの両端は、入力抵抗の大きな高電圧プローブ42dの入力に接続され、その高電圧プローブ42dの出力は、適宜のモニタ用オシロスコープ42eや帰還制御部40に送られる。

【0061】これにより、RF電源12からコイル22に至る高周波ラインに分配された電流が検出される。他の高周波ラインについても同様である。また、図示は割愛したが、高電圧プローブ42d同様のプローブを心線42a又はその前後の高周波ラインに接続することで、該当ラインに分配された高周波の電圧波形が検出される。そして、電流波形と電圧波形とから両者の位相差が判明する。これにより、各コイル21~24に分配された電力を正確に検知することができる。

【0062】

【実施例の効果】図7は、直径300mmの被処理物1を対象とする装置についての測定結果を示すグラフであり、イオン電流の分布状態を比較するために、横軸に中心点からの距離を採り、縦軸にイオン電流の規格値を採って示したものである。イオン電流は、プラズマ処理空間5内にプローブを挿入して測定し、最大値が“1”になるように規格化した。測定時におけるRF電源12の出力パワーは2250Wであり、プラズマ発生用ガスに使用したアルゴンの流量が400sccmであり、ガス圧は30mTorrであった。なお、1Torrは約133パスカルであり、1sccmは約 1.67×10^{-8}

立方メートル毎秒(ガス：標準状態)である。電磁界分布の一樣化を図った場合(破線グラフ参照)に比べて、電力分配の調整を行ったことによりイオン電流の分布状態における均一度は遙かに向上している(実線グラフ参照)。

【0063】また、図8は、エッチングレートの分布図であり、ガス圧の変化がエッチングレートの均一性に及ぼす影響を確認するために測定したものである。横軸に中心点からの距離を採り、縦軸に被処理物1の各部におけるエッチングレートを示したものである。横軸の単位はmmであり、縦軸の単位はオングストローム/分である。測定時におけるRF電源12の出力パワーは2250Wであり、プラズマ発生用ガスに使用したアルゴンの流量が400sccmであり、処理ガスに用いたフッ化炭素の流量は20sccmであった。ガス圧が30mTorrのときのエッチングレート分布(グラフA)、ガス圧が50mTorrのときのエッチングレート分布(グラフB)、ガス圧が80mTorrのときのエッチングレート分布(グラフC)、何れも、良い均一度を示すものとなっている。

【0064】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の第1の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、複数の誘導結合素子の相互干渉を軽減して独立性を高めたことにより、電磁界分布に対する局所ごとの制御性が向上してプラズマ空間のプラズマ密度分布が一樣になるので、均一性の良いプラズマ処理装置を実現することができたという有利な効果が有る。

【0065】また、本発明の第2の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、誘導結合素子に印加した電力が相互干渉軽減手段で浪費されることなくプラズマに供給されるようにしたことにより、均一性に加えてエネルギー効率も良いプラズマ処理装置を実現することができたという有利な効果を奏する。

【0066】さらに、本発明の第3の解決手段および第4の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、各誘導結合素子への電力にフィードバック制御がかかって局所的なプラズマ密度の変動が相殺・緩和されるようにしたことにより、常に均一性の良いプラズマ処理装置を実現することができたという有利な効果が有る。

【0067】また、本発明の第5の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、可変コンデンサを用いなくとも各誘導結合素子への電力を調整することができる。

【0068】また、本発明の第6の解決手段のプラズマ処理装置にあっては、プラズマ状態の変動を直接的または間接的に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のプラズマ処理装置の第1実施例について、その主要部の縦断面の模式図である。

【図2】 その動作状態の説明図である。

【図 3】 本発明のプラズマ処理装置の第 2 実施例について、その主要部の縦断面の模式図である。

【図 4】 その動作状態の説明図である。

【図 5】 電力可変手段の具体的な変形例である。

【図 6】 電流検出手段の具体例である。

【図 7】 イオン電流の分布図である。

【図 8】 エッチングレート分布図である。

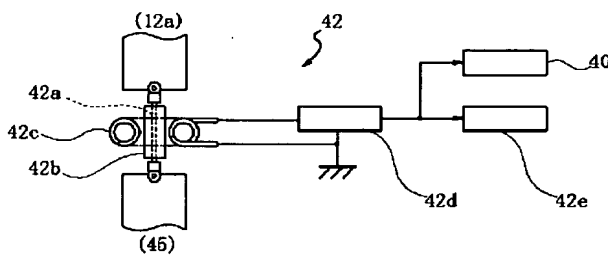
【図 9】 従来装置の縦断面模式図および動作状態説明図である。

【符号の説明】

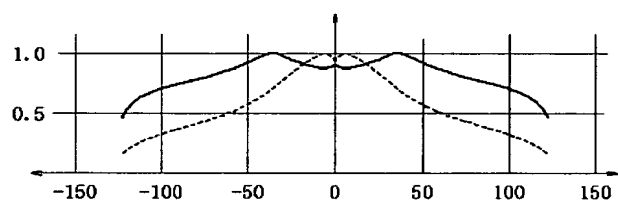
- 1 被処理物（プラズマ処理対象物）
- 2 真空チャンバ本体部（真空チャンバ）
- 2 a 貫通口（処理ガス供給口）
- 2 b 貫通口（排気吸引口）
- 3 真空チャンバ蓋部（真空チャンバ）
- 4 カソード部（載置台、被処理物乗載台、被処理物支持電極）
- 4 a サポート
- 5 プラズマ処理空間（プラズマ空間）
- 6 真空ポンプ
- 7 R F 電源（高周波電源）
- 7 a ブロッキングキャパシタ
- 10 コイルユニット（アンテナユニット）
- 11 コイル（アンテナ）
- 12 R F 電源（高周波電源、電力供給手段）
- 12 a マッチングボックス（電力供給手段）
- 13 可変コンデンサ（電流調整手段）

- 14 等電位線
- 15 低温プラズマ
- 16 プラズマ高濃度部
- 17 高密度プラズマ
- 20 コイルユニット（アンテナユニット）
- 21, 22, 23, 24 コイル（アンテナ、誘導結合素子）
- 31, 32, 33, 34 メタルリング（接地導体、相互干渉軽減手段）
- 40 帰還制御部（分配量演算手段、電力調整手段）
- 41, 42, 43, 44 電流検出部（電力分配状態検出、電力調整手段）
- 45, 46, 47, 48 配線長可変部（電力可変手段、電力調整手段）
- 50 プラズマ発生チャンバ部（真空チャンバ）
- 51 アノード部（対向電極）
- 20 51 a 処理ガス供給口
- 52, 53, 54 プラズマ発生空間（プラズマ空間拡張、相互干渉軽減）
- 52 a, 53 a 連通口（連通路）
- 52 b, 53 b プラズマ用ガス送給路
- 55 永久磁石（プラズマ閉じ込め用磁気回路の磁性部材）

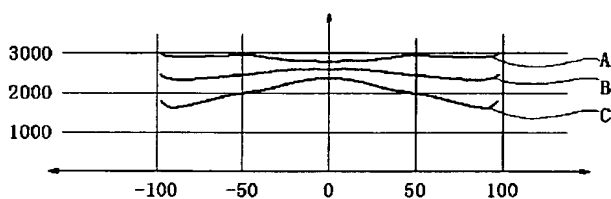
【図 6】



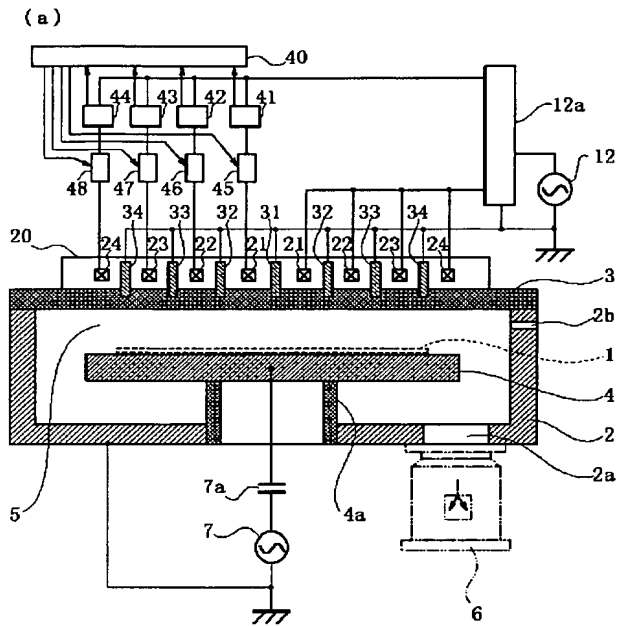
【図 7】



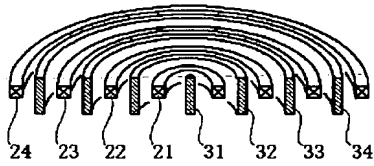
【図 8】



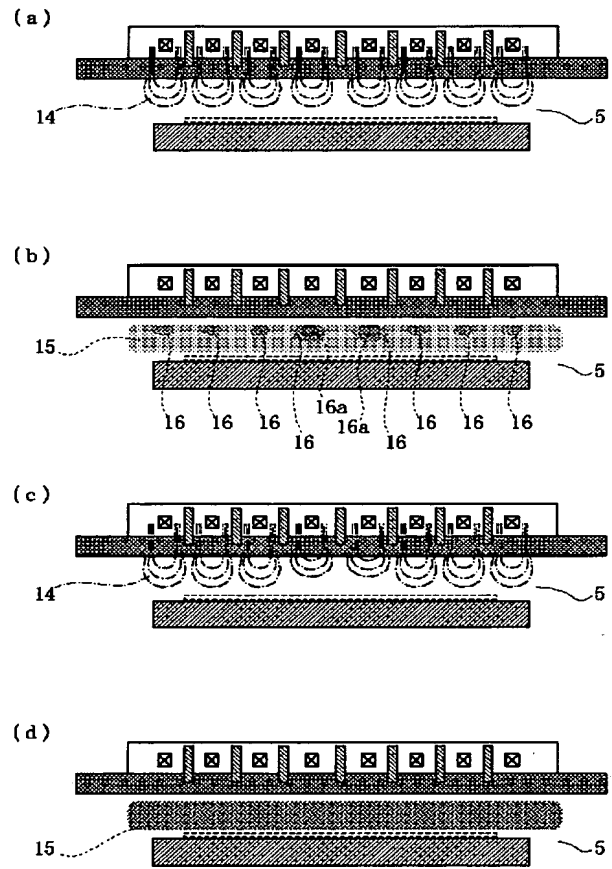
【図 1】



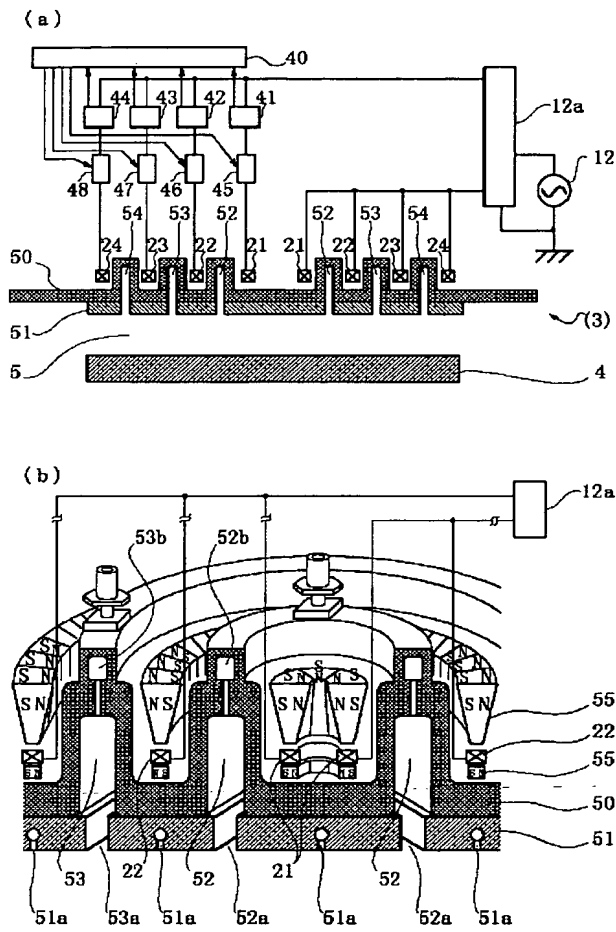
(b)



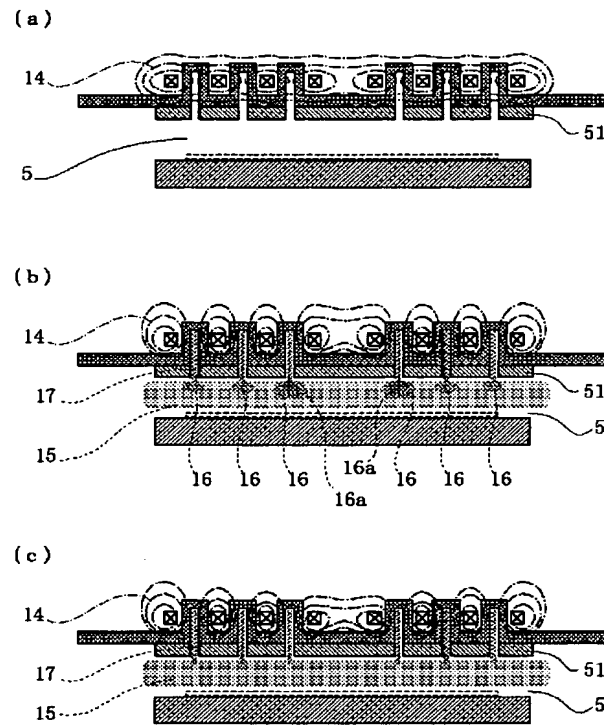
【図 2】



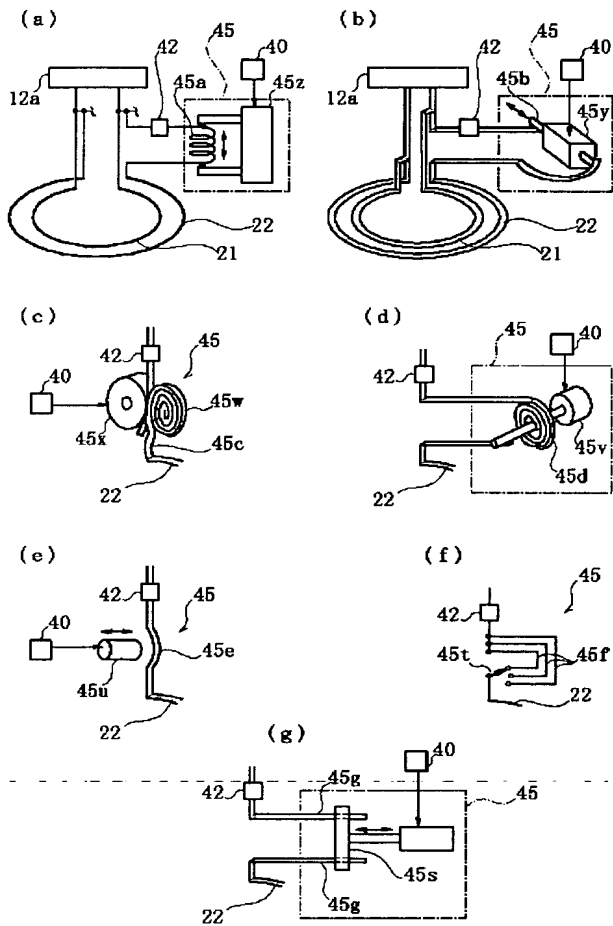
【図 3】



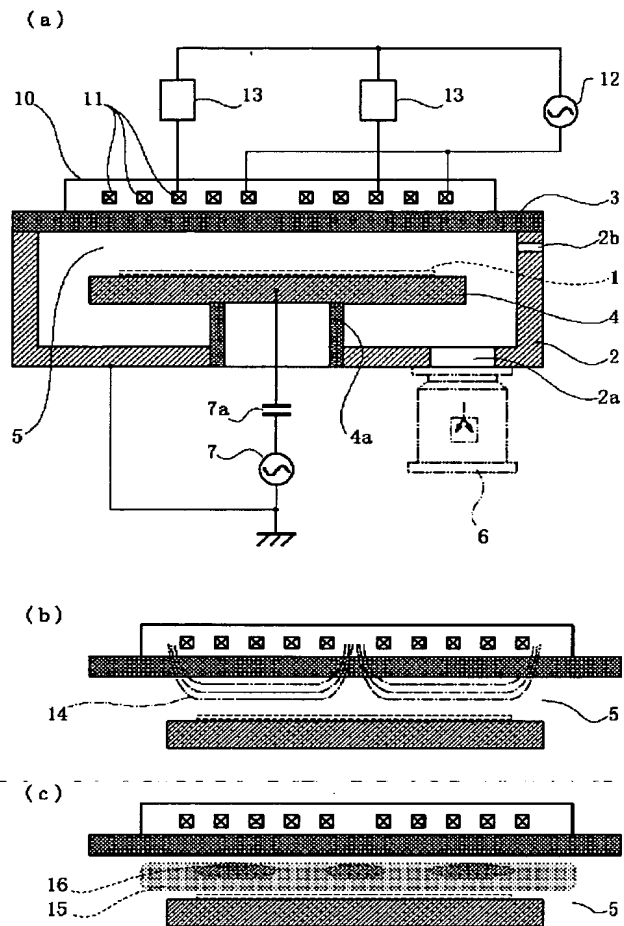
【図 4】



【図 5】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

H 0 1 L 21/31

識別記号

F I

H 0 1 L 21/302

デマコード (参考)

B

(72) 発明者 徳村 哲夫
 兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5-5 株
 式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 宗政 淳
 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 3-1 株
 式会社神戸製鋼所高砂製作所内

(72) 発明者 石橋 清隆
 兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5-5 株
 式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 瀬川 利規
 兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5-5 株
 式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 野沢 俊久
 兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5-5 株
 式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

F ターム (参考) 4K030 AA06 FA04 HA06 HA16 KA30
 KA39 KA41 KA45 LA15 LA18
 5F004 AA01 BA20 BB07 BB13 BB18
 BD01 BD03 BD04 DA01 DA02
 DA03 DA23 DB01 DB03
 5F045 AA08 AF01 AF07 BB01 DP04
 EH04 EH11 EH16 GB08

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.